

کارایی بلند مدت میراگر ویسکوز در سکوی ثابت دریایی تحت بارگذاری تصادفی موج در حوزه فرکانس

محمدرضا تابش پور^{۱*}، حسین جانبازی^۲، مصطفی اخوات^۳

^۱ استادیار، دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مهندسی مکانیک tabesh_mreza@yahoo.com

^۲ فارغ التحصیل کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مهندسی مکانیک h_janbazi@yahoo.com

^۳ دانشجوی دکتری، پژوهشکده زلزله akhavatmostafa@yahoo.com

چکیده

یکی از روش‌های مقاوم‌سازی در سکوهایی جاکت استفاده از سیستم‌های غیرفعال می‌باشد، که می‌توان به میراگرهای جرمی متوازن شونده، میراگرهای ویسکوز، میراگرهای ویسکوالاستیک و میراگرهای اصطکاکی اشاره کرد. در این میان میراگر غیرفعال ویسکوز یکی از ابزارهای بسیار مناسب جهت کنترل ارتعاشات ناشی از بارهای محیطی می‌باشد. از این‌رو در این مطالعه، اثر میراگر ویسکوز بر کنترل ارتعاشات سکوی ثابت دریایی (مطالعه موردی سکوی نفتی رسالت) تحت بار موج به روش طیفی مورد بررسی قرار گرفته است و ضمن مطالعه کارایی میراگر، پارامترکاری بلند مدت میراگر با استفاده از حالت‌های دریا به منظور ارزیابی بهتر کاربرد میراگر ویسکوز در بلند مدت معرفی می‌شود. بدین صورت که پس از مدل‌سازی سکو به صورت المان محدود و اعمال طیف موج به سازه، به بررسی رفتار سازه تحت میراگر ویسکوز پرداخته و چندین چیدمان معمول و متعارف میراگر در جهت انتخاب جانمایی بهینه در نظر گرفته می‌شود. نتایج بیانگر این مطلب است که استفاده از حالت‌های دریای ثبت‌شده در بلند مدت در منطقه نصب سکو می‌تواند در تصمیم‌گیری در مورد نصب میراگر ویسکوز و انتخاب بهینه مشخصات میراگر بسیار مهم و حیاتی باشد.

کلمات کلیدی: سکوهایی ثابت، کنترل ارتعاشات، میراگر ویسکوز، کارایی بلند مدت میراگر

مقدمه

رویکرد نوین در طراحی سازه‌ها، استفاده از مکانیزم‌های کنترل به منظور کاهش اثر بارهای محیطی بر آن‌ها می‌باشد که به تدریج در کنار روش‌های سنتی طراحی که صرفاً مبتنی بر افزایش مقاومت سازه‌ها بوده‌اند، مطرح می‌شوند. تاکنون انواع مکانیزم‌های کنترلی متفاوت برای کاهش ارتعاشات در سازه‌های مختلف مورد مطالعه قرار گرفته و حتی این مکانیزم‌ها در مواردی از قابلیت بیش‌تری نسبت به روش‌های سنتی در بهسازی سازه‌های موجود برخوردار بوده‌اند [۳]. همچنین با توجه به این‌که سکوهایی دریایی در تمام طول عمر بهره‌برداری در معرض بارهای محیطی مکرر ناشی از باد و موج قرار دارند، آسیب ناشی از خستگی در آن‌ها اهمیت خاصی پیدا می‌کند. تجربه‌ی طراحی سکوهایی ثابت دریایی نشان داده است که در حوزه‌های دریایی با خطر لرزه‌خیزی پایین، مانند خلیج فارس که شدت امواج در حالات بحرانی دریا به میزان قابل توجهی فراتر از حالت متوسط آن نیست، پدیده‌ی خستگی در اعضا تعیین‌کننده می‌باشد و در صورت کاهش پاسخ‌های سازه مانند دامنه‌ی جابه‌جایی به کمک روش‌های کنترل سازه می‌توان به میزان قابل توجهی عمر مفید این سازه‌ها را افزایش داد. از آن‌جا که طول عمر متوسط این سازه‌ها در حدود ۲۵ سال است و بسیاری از این سکوها از عمر طراحی خود عبور کرده‌اند و از دیدگاه اقتصادی، ادامه فعالیت یک سکوی موجود در بسیاری موارد بر نصب یک سکوی جدید ارجح است، باز هم اهمیت استفاده از سیستم‌های کنترلی در کاهش پاسخ این سازه‌ها نمایان‌تر می‌شود. در این مقاله با مدل‌سازی سکوی مورد مطالعه در محیط متلب، میزان کارایی بلند مدت میراگر بررسی شده و میزان اهمیت سیستم‌های کنترلی در کاهش جابجایی ترازهای سکو نشان داده شده است.

تاریخچه‌ی ادبیات

واندیویر^۱ و میتونه^۲ از اولین محققینی هستند که روی کنترل ارتعاشات سکوی دریایی کار کرده‌اند [۱]. آن‌ها نشان داده‌اند که تلاطم مایع در مخازن نگهداری روی سکو، می‌تواند تاثیر قابل توجهی در زمان تناوب و همچنین میرایی سکو داشته باشد. تحلیل آن‌ها نشان می‌دهد که وقتی مخازن ذخیره‌ی مایع با فرکانس طبیعی بسیار پایین روی سکو وجود دارد، پاسخ دینامیکی سکو ممکن است افزایش یابد. به علاوه، با انتخاب درست هندسه‌ی مخازن، پاسخ سکو را می‌توان کاهش داد. در این صورت مخازن ذخیره‌ی مایع همانند میراگر عمل می‌کنند. لی^۳ و رییدی^۴ پیشنهاد داده‌اند که تلاطم مایع

¹Vandiver

²Mitone

³Lee

⁴Reddy

مشخصه‌هایی مربوط به جذب انرژی دارد که می‌توان با آن‌ها پاسخ دینامیکی سکو را کاهش داد [۲]. یک سکوی دو بعدی به همراه یک میراگر سیال که روی عرشه قرار دارد با روش اجزای محدود مدل‌سازی شده است، روش‌هایی پیشنهاد شده است که بتوان فرکانس میراگر سیال را تنظیم کرد. پاتیل^۱ و جانگید^۲ پاسخ سکوی مجهز به سه نوع میراگر ویسکوالاستیک، میراگر ویسکوز و میراگر اصطکاکی را تحت بار موج بررسی کرده‌اند [۳]. یکی از نتایج مطالعه آن‌ها این است که میراگرها عملکرد بسیار مطلوبی در استهلاک انرژی ورودی به سازه دارند. لی^۳ و همکاران یک سکوی شناور را به میراگر ستون مایع^۴ مجهز کرده و به این نتیجه رسیده‌اند که ارتعاشات ناشی از موج را می‌توان با این میراگر کم هزینه و اقتصادی کاهش داد [۴]. جین^۵ و همکاران عملکرد میراگر مخزن مایع استوانه‌ای را تحت بار زلزله بررسی کرده‌اند [۵]. در این مطالعه فرکانس میراگر طوری تنظیم می‌شود که به فرکانس طبیعی سازه و فرکانس حرکت زمین نزدیک باشد. از آنجا که محتوای فرکانسی حرکت زمین بسیار پیچیده است، فرکانس میراگر تنها با در نظر گرفتن فرکانس طبیعی سازه تنظیم می‌شود. همچنین هرچه جرم میراگر بیشتر باشد عملکرد آن بالاتر است اما بر اساس هزینه و مسایل کاربردی، نسبت جرم بین ۱ درصد تا ۵ درصد پیشنهاد شده است. گل‌افشانی و قلی‌زاد به امکان سنجی کاربرد و ارزیابی عملکرد برخی الگوریتم‌های کنترل ارتعاشات در برابر خستگی ناشی از امواج بر روی سکو پرداخته و میراگر جرمی و میراگر اصطکاکی ارایه شده توسط معلا و بلو را کاملاً موثر یافته‌اند [۶] و [۷]. در کار گل‌افشانی و قلی‌زاد نشان داده شده است که میراگر جرمی و میراگر اصطکاکی، در کنترل ارتعاشات ناشی از موج در سکوی فولادی شابلونی، و در نتیجه، کاهش خستگی در آن موثر هستند. همچنین نشان داده شد که میراگر اصطکاکی با پارامترهای تنظیم شده، عملکرد بهتری نسبت به میراگر جرمی دارد. تابش پور و کماچی اثر میراگر اصطکاکی ارایه شده توسط معلا و بلو در کنترل ارتعاشات ناشی از زلزله در سکوهایی ثابت دریایی را بررسی کردند و دریافتند که این میراگر دارای کارایی بسیار مناسبی در کنترل ارتعاشات است [۸].

میراگر ویسکوز

در این مطالعه روش ساده‌ای جهت طراحی پیکربندی بهینه میراگر پیشنهاد شده است [۹]. این روش به نام $SSSA^6$ می‌باشد. میراگر مورد استفاده در این مطالعه میراگر ویسکوز خطی می‌باشد. انرژی تلف شده توسط یک میراگر در تراز i -ام تحت سیکل هارمونیک و فرکانس اصلی بدین صورت به دست می‌آید [۱۰]:

$$E_{Di} = \pi c \frac{2\pi}{T} \delta_i^2 \cos^2 \theta_i = \frac{2\pi^2 c \delta_i^2 \cos^2 \theta_i}{T} \quad (1)$$

مطابق رابطه بالا c ضریب ویسکوز، T پریود طبیعی سازه، δ_i دررفت هر تراز و θ_i زاویه انحراف میراگر در تراز i -ام می‌باشد. در صورتی که تمامی ترازها ارتفاع یکسانی داشته باشند و مود اول را به صورت مستقیم در نظر بگیریم، رانش هر تراز به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\delta_i = \frac{1}{n} \quad (2)$$

به صورتی که n تعداد ترازهای سکو می‌باشد. انرژی کل تلف شده توسط میراگرها مطابق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$E_{Di} = \sum_{i=1}^{n_d} E_{Di} = \sum_{i=1}^{n_d} \frac{2\pi^2 c \cos^2 \theta}{T n^2} = \frac{2\pi^2 c n_d \cos^2 \theta}{T n^2} \quad (3)$$

n_d برابر تعداد میراگرها می‌باشد. البته لازم به ذکر است زاویه θ هم در تمامی ترازهای یکسان در نظر گرفته شد. با فرض این که میراگر ویسکوز هیچ سختی به سازه اضافه نمی‌کند، انرژی کرنشی کل سیستم برابر است با:

$$E_S = \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} K_i \delta_i^2 = \frac{1}{2n^2} \sum_{i=1}^n K_i \quad (4)$$

که مطابق رابطه بالا K_i سختی جانبی تراز i -ام می‌باشد. نسبت میرایی معادل ناشی از اضافه کردن میراگر برابر است با:

$$\xi_d = \frac{E_D}{4\pi E_S} = \frac{\pi c n_d \cos^2 \theta}{T \sum_{i=1}^n K_i} \quad (5)$$

و بدین ترتیب c را می‌توان به صورت زیر نوشت:

¹Patil

²Jangid

³Lee

⁴Tuned Liquid Column Damper (TLCD)

⁵Jin

⁶Simplified Sequential Search Algorithm

$$c = \frac{\xi_d T \sum_{i=1}^n K_i}{\pi n_d \cos^2 \theta} \quad (6)$$

مطابق رابطه بالا اندازه میراگر (c) تابعی از تعداد میراگرها (n_d)، نسبت میرایی معادل (ξ_d) و مشخصات سازه می‌باشد. البته لازم به ذکر است جهت محاسبه نسبت میرایی کل سازه (ξ_T) می‌بایست ترم نسبت میرایی ذاتی سازه (ξ_0) نیز به ξ_d اضافه گردد.

$$\xi_T = \xi_d + \xi_0 \quad (7)$$

معادله حاکم بر حرکت

معادله حاکم بر حرکت یک سیستم تحت بار خارجی به صورت فرم ماتریسی زیر نوشته می‌شود:

$$[M]\{\ddot{x}\} + [C]\{\dot{x}\} + [K]\{x\} = \{f\} \quad (8)$$

که $\{x\} = [x_1, x_2, \dots, x_N]^T$ بردار جابه‌جایی جانبی ترازهای سکو بوده و $[M]$ ، $[C]$ و $[K]$ به ترتیب ماتریس جرم، میرایی و سختی سازه می‌باشند. هم‌چنین بردار $\{f\}$ نیز بردار نیروی تحریک می‌باشد. همان‌طور که پیش‌تر بیان شد، مطابق معادله مورسون بردار $\{f\}$ برابر است با:

$$\{f\} = 0.5C_d [A_p] \{|\dot{u} - \dot{x}|(\dot{u} - \dot{x})\} + \rho C_m [V_p] \{\ddot{u}\} - \rho(C_m - 1)[V_p] \{\ddot{x}\} \quad (9)$$

که $[A_p]$ و $[V_p]$ به ترتیب ماتریس سطح تصویر شده اعضا و ماتریس حجم تصویر شده می‌باشند. با ترکیب دو رابطه بالا داریم:

$$[\bar{M}]\{\ddot{x}\} + [C]\{\dot{x}\} + [K]\{x\} = ([K_m]\{\ddot{u}\} + [K_d] \{|\dot{u} - \dot{x}|(\dot{u} - \dot{x})\}) \quad (10)$$

به‌صورتی که:

$$[\bar{M}] = [M] + \rho(C_m - 1)[V_p] \quad (11)$$

$$[K_m] = \rho C_m [V_p] \quad (12)$$

$$[K_d] = 0.5\rho C_d [A_p] \quad (13)$$

در معادله‌ی (۱۰) ترم دوم در سمت راست شامل ترم غیرخطی $|\dot{u} - \dot{x}|(\dot{u} - \dot{x})$ می‌باشد. با استفاده از روش کرلیف^۱ که در مرجع [۱۱] اشاره شد، می‌توان ترم غیرخطی را به صورت زیر خطی‌سازی نمود.

$$\{V_r\} = \{(\dot{u} - \dot{x})\} \quad (14)$$

$$[\bar{M}]\{\ddot{x}\} + [\bar{C}]\{\dot{x}\} + [K]\{x\} = ([K_m]\{\ddot{u}\} + [C_e]\{\dot{u}\}) \quad (15)$$

در حالی که:

$$[\bar{C}] = [C] + [E][C_e] \quad (16)$$

$$[C_e] = \sqrt{\frac{8}{\pi}} [K_d] [\sigma_{V_r} V_r] \quad (17)$$

ماتریس $[C_e]$ یک ماتریس قطری بوده و $[\sigma_{V_r} V_r]$ انحراف معیار^۲ سرعت نسبی می‌باشد [۳].

دو پارامتر نشان داده شده در قسمت سمت راست معادله‌ی (۱۵) بیانگر نیرو می‌باشند:

$$\{f\} = [K_m]\{\ddot{u}\} + [C_e]\{\dot{u}\} \quad (18)$$

ارزیابی چگالی نیروی تحریک

در این قسمت از طیف اصلاح شده جانسواپ^۳ برای امواج سطح دریا که به‌وسیله مظاهری و همکاران [۱۲] برای خلیج فارس ارائه شده است، استفاده می‌شود. این طیف به صورت زیر می‌باشد:

$$S(f) = \frac{\alpha g^2}{(2\pi)} \exp\left\{-\frac{5}{4}\left(\frac{f}{f_p}\right)^4\right\} \gamma^{\exp[-(f-f_p)^2/2\sigma^2 f_p^2]} \quad (19)$$

¹Kryloff method

²root mean square (RMS)

³JONSWAP

در رابطه بالا $S(f)$ طیف موج بر اساس فرکانس، H_s ارتفاع موج شاخص، g شتاب ثقل، f_p فرکانس موج حداکثر موج، f فرکانس، σ ضریب ثابتی است که براساس زیر محاسبه می‌شود:

$$\sigma = \begin{cases} 0.07, & f < f_p \\ 0.09, & f \geq f_p \end{cases} \quad (20)$$

ضرایب γ و α نیز به ترتیب ضریب تشدید اوج و ثابت فیلپس می‌باشند که با استفاده از رابطه زیر بیان می‌شوند [۱۲].

$$\gamma = 7.5 H_s^{0.34} f_p \quad (21)$$

$$\alpha = 4.5 H_s^2 f_p^4$$

تابع چگالی طیفی نیرو^۱ از معادله (۱۸) و طیف ارتفاع موج از معادله زیر به دست می‌آید [۱۳].

$$[S_{ff}(\omega)] = [K_m][S_{\ddot{u}\ddot{u}}(\omega)][K_m]^T + [C_e][S_{\ddot{u}\ddot{u}}(\omega)][C_e]^T \quad (22)$$

ترم‌های $[S_{\ddot{u}\ddot{u}}]$ و $[S_{\ddot{u}\ddot{u}}]$ به ترتیب نمایانگر چگالی طیفی شتاب و سرعت سیال می‌باشند و مطابق رابطه‌ی زیر بدست می‌آیند:

$$[S_{\ddot{u}\ddot{u}}(\omega)] = \{T_V\} S_{hh}(\omega) \{T_V\}^T \quad (23)$$

$$[S_{\ddot{u}\ddot{u}}(\omega)] = \omega^2 [S_{\ddot{u}\ddot{u}}(\omega)] \quad (24)$$

به طوری که:

$$\{T_V\} = T_{V_j} = \left\{ \omega \frac{\cosh k(d+z_j)}{\sinh kd} \right\} \quad (j=1, \dots, N) \quad (25)$$

در معادله بالا، d عمق کل از کف دریا و z مقدار ارتفاع از سطح آب می‌باشد (جهت مثبت سمت بالا می‌باشد).

ارزیابی پاسخ

با افزودن میراگر ماتریس میرایی و سختی سازه مطابق زیر تغییر خواهند کرد:

$$[C_m] = [C_s] + [C_e] + [C_d] \quad (26)$$

$$[K_m] = [K_s] \quad (27)$$

که $[C_m]$ و $[K_m]$ ، به ترتیب ماتریس‌های اصلاح شده‌ی میرایی و سختی سکو می‌باشند؛ $[C_d]$ نیز ماتریس میرایی اضافه شده‌ی ناشی از افزودن میراگر هستند؛ و $[C_e]$ نیز نیروی حاصل از درگ غیرخطی وارد بر عضو می‌باشد. بنابراین معادله حاکم بر حرکت گفته شده در معادله (۱۵)، به شکل رابطه‌ی جدید زیر تغییر می‌یابد.

$$[\bar{M}]\{\ddot{x}\} + [C_m]\{\dot{x}\} + [K_m]\{x\} = \{f\} \quad (28)$$

با حل معادله حرکت بالا داریم:

$$\{x\} = \frac{\{f(\omega)\}}{([K_m] - \omega^2[\bar{M}] + i\omega[C_m])} = [H(i\omega)]\{f(\omega)\} \quad (29)$$

$$[H(i\omega)] = \frac{1}{[K_m] - \omega^2[\bar{M}] + i\omega[C_m]} \quad (30)$$

که $[H(i\omega)]$ تابع پاسخ فرکانسی مختلط، با سایز $N \times N$ می‌باشد. تابع چگالی طیفی بردار جابجایی سازه $\{x\}$ به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$[S_{xx}(\omega)] = [H(i\omega)]^* [S_{ff}(\omega)] [H(i\omega)]^T \quad (31)$$


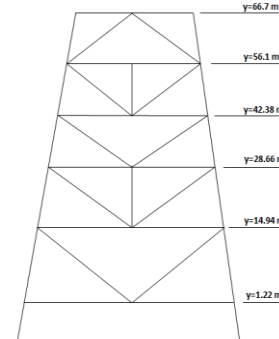
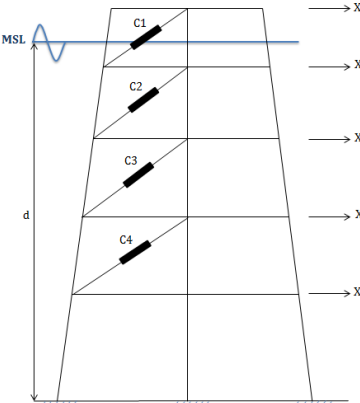
مطابق رابطه بالا، پارامتر $[S_{xx}(\omega)]$ تابع چگالی طیفی بردار جابجایی و $[H(i\omega)]^*$ تابع مزدوج پاسخ فرکانسی مختلط می‌باشد. مساحت زیر منحنی تابع چگالی احتمال طیفی $[S_{xx}(\omega)]$ ، مقدار میانگین مربع پاسخ $(E[x^2])$ را می‌دهد.

توصیف سکوی مورد مطالعه - رسالت

حوزه نفتی رسالت در آب‌های خلیج فارس و در فاصله‌ای در حدود ۸۰ کیلومتری از جزیره‌ی لاوان و در عمق ۶۷ متری آب قرار دارد. میدان نفتی رسالت شامل یک سکوی حفاری، یک سکوی استخراج، یک سکوی سرویس‌دهی و یک مشعل سه پایه است. این سکو در سال ۱۹۶۸ توسعه داده شد و شروع به استخراج نفت نمود. بعضی خرابی‌ها در طول جنگ ایران و عراق و بعضی از خرابی‌ها نیز در اثر شرایط آب و هوایی شدید ایجاد گردید.

¹ PSDF

سکوی سرویس‌دهی شامل چهار پایه‌ی جکت است و قسمت بالایی آن نیز در ارتفاع ۶۷/۴ متری عمق آب قرار دارد که به‌وسیله‌ی یک پل به سکوی استخراج متصل می‌شود. یک نمای سه بعدی و جزئیات آن در شکل ۳ نشان داده شده است. در این مقاله به منظور بررسی روش پیشنهادی از مدل دو بعدی این سکو بهره گرفته شده است.

		
<p>شکل ۳: نمای سه بعدی سکوی سرویس دهی در حوزه نفتی رسالت</p>	<p>شکل ۲: نمای دوبعدی معادل سکوی رسالت</p>	<p>شکل ۱: میراگرهای ویسکوز نصب شده بر روی یک سکوی جکت</p>

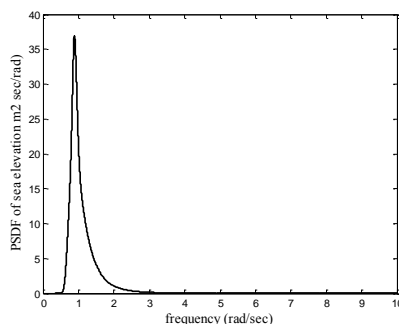
مدل سازی و تحلیل

ابتدا سازه را به صورت یک قاب برشی مدل می‌کنیم. مطابق شکل زیر جرم و سختی سازه را به هر طبقه اختصاص داده و سکو را به صورت یک سیستم ۶ درجه آزادی مدل می‌کنیم. این مدل دوبعدی به صورت مدل جرم و فنر با یک درجه آزادی انتقالی در راستای افق در نظر گرفته شده است. برای تعیین مقادیر جرم و سختی، به گونه‌ای عمل شده است که زمان تناوب و همچنین انرژی جنبشی در هر مدار تعاشی در مدل برشی با مقادیر متناظر در سازه واقعی برابر باشند. رفتار سکو در فرآیند آنالیز به صورت خطی در نظر گرفته شده و میرایی سیستم نیز به صورت میرایی رایلی، متناسب با جرم و سختی سازه در نظر گرفته می‌شود. لازم به ذکر است، جرم مربوط به عرشه را نیز به بالاترین تراز اختصاص دادیم. پیروی طبیعی مدل برشی سکوی رسالت ۱/۵۴ ثانیه می‌باشد. ماتریس میرایی سازه با استفاده از فرض میرایی رایلی با $\xi = 0.02$ محاسبه شده است. میرایی‌های اضافه شده برای میراگرهای ویسکوز برای نسبت میرایی هدف (یعنی $\xi_d = 0.1$) محاسبه می‌شود. ضرایب اینرسی و درگ (C_M و C_D) به ترتیب ۰/۷ و ۲ در نظر گرفته شده است.

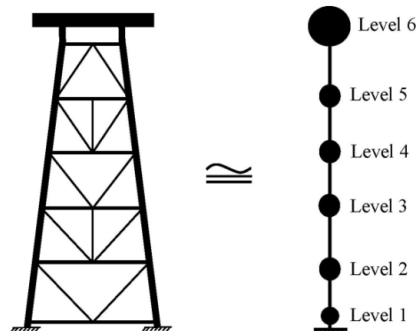
بارگذاری موج

با توجه به شرایط دریایی خلیج فارس از طیف جانسواپ برای مدل‌سازی موج استفاده شده و مقادیر ارتفاع و پیروی موج با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله مطابق با مرجع در نظر گرفته شده است ($H_s = 5.83m$ و $T_p = 7.10sec$).

شکل ۴: مدل برشی سکوی رسالت
شکل ۵: تغییرات PSDF تراز موج دریا در فرم طیف جانسواپ را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود پیک نمودار در فرکانس حدود ۰/۹ رادیان بر ثانیه رخ داده است، که با توجه به مقدار موج وارد شده ($T_p = 7.10sec$) مدلسازی طیف موج به درستی صورت گرفته است.



شکل ۵: تغییرات PSDF تراز موج دریا در طیف جانسواپ



شکل ۴: مدل برشی سکوی رسالت

تحلیل حساسیت چیدمان میراگر ویسکوز

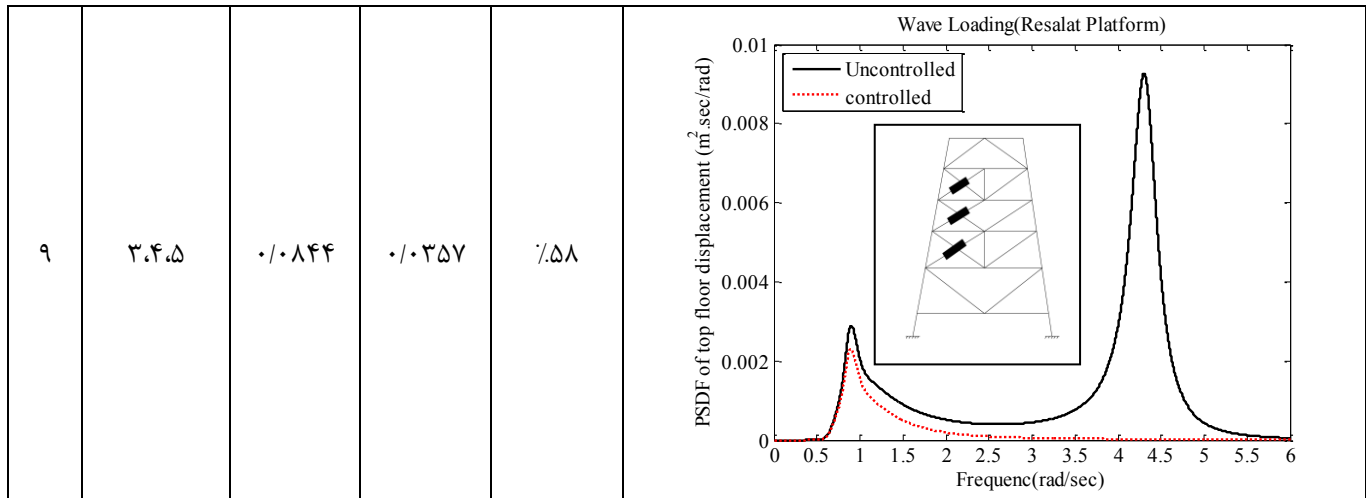
در این قسمت با در نظر گرفتن چندین حالت جانمایی متعارف و معمول میراگر، هدف به دست آوردن میزان پاسخ سازه تحت بار موج می باشد. زاویه قرار گیری میراگر (طبق معادله ی ۶) برای تمامی ترازها یکسان و برابر ۳۰ درجه در نظر گرفته شده است.

ردیف	جانمایی میراگر در دهانه	مقادیر RMS جابجایی در بالاترین تراز (متر)		میزان کاهش جابجایی (%)	تابع چگالی طیفی
		بدون میراگر	با میراگر		
۱	۲	۰/۰۸۴۴	۰/۰۵۷۰	٪۳۲	
۲	۳	۰/۰۸۴۴	۰/۰۴۷۲	٪۴۴	

۳	۴	۰/۰۸۴۴	۰/۰۴۶۱	%۴۵	
۴	۵	۰/۰۸۴۴	۰/۰۴۶۰	%۴۵	
۵	۲.۳	۰/۰۸۴۴	۰/۰۳۸۶	%۵۴	

۶	۳.۴	۰/۰۸۴۴	۰/۰۳۴۹	٪۵۹	
۷	۴.۵	۰/۰۸۴۴	۰/۰۳۳۹	٪۶۰	
۸	۲.۳۰۴	۰/۰۸۴۴	۰/۰۳۸۹	٪۵۴	

شکل ۶: طیف پاسخ در بالاترین تراز سکو، با و بدون میراگر (ادامه دارد)



شکل ۶: طیف پاسخ در بالاترین تراز سکو، با و بدون میراگر (ادامه دارد)

Error! Reference source not found. تغییرات PSDF تغییرات تراز بالایی عرشه را در مقابل فرکانس برای سکوی مورد مطالعه مجهز شده به میراگرهای ویسکوز را نشان می‌دهد. PSDF تغییر مکان سکوی کنترل نشده برای سکو دارای دو قله می‌باشد. قله اول در فرکانس مرکزی موج تحریک و قله بعدی در فرکانس طبیعی سازه می‌باشد. در حالت کنترل شونده نیز (وجود میراگر)، PSDF مربوطه دارای قله‌هایی است؛ همان‌طور که مشاهده می‌شود با اضافه کردن میراگر، میزان طیف دامنه در قله‌ی اول که مربوط به پیوند موج تحریک است؛ تغییر چندانی نمی‌کند. اما وجود میراگر سبب کاهش قابل ملاحظه در قله دوم که مربوط به پیوند طبیعی سازه است، می‌شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت با اضافه کردن میراگر، در فرکانس-هایی که سبب تشدید سازه می‌شود می‌توان جابجایی را تا حد قابل ملاحظه‌ای کاهش داد. هم‌چنین لازم به ذکر است لزوماً با افزایش تعداد میراگرها مقدار کارایی و کاهش پاسخ در سازه افزایش نمی‌یابد. از این رو چیدمان و جانمایی میراگر نقش مهم‌تری در افزایش عملکرد دارد.

کارایی بلند مدت میراگر ویسکوز

حالت‌های دریا در یک منطقه خاص از جمله پارامترهای مهم در طراحی سازه‌های فراساحلی می‌باشد. این پارامتر که بر اساس مشاهدات محلی و آنالیز داده‌های ثبت شده در محل بوده است، به دست می‌آید و می‌تواند شامل تراز سطح آب و یا پیوند امواج منطقه باشد. همان‌طور که برای طراحی یک سازه باید به ویژگی‌های منطقه‌ای توجه داشت. برای طراحی یک میراگر ویسکوز نیز باید به این نکته دقت داشت که عملکرد میراگر در بلند مدت چه تاثیری می‌تواند برای کاهش ارتعاشات و عمر خستگی سازه داشته باشد. یعنی علاوه بر کارایی کوتاه مدت میراگر باید عملکرد بلندمدت آن نیز مورد بررسی قرار گیرد. در این قسمت به این مسئله پرداخته می‌شود که عملکرد میراگر ویسکوز در بلندمدت چه تأثیری می‌تواند بر روی عملکرد و پاسخ سازه داشته باشد. در این مقاله برای بررسی واقع گرایانه‌ی این بحث، داده‌های واقعی ثبت شده در حوزه‌ی نفتی رسالت در خلیج فارس از سال‌های ۱۹۹۲ الی ۲۰۰۳ استفاده می‌شود. به این صورت که ابتدا احتمال وقوع هر حالت دریا استخراج و سپس از روی آن عملکرد واقعی میراگر بررسی می‌شود. جهت محاسبه کارایی بلند مدت میراگر می‌بایست ابتدا کارایی میرایی را برای هر حالت دریایی محاسبه نمود.

$$\text{کارایی میرایی} = \frac{RMS - RMS_{damper}}{RMS} \times 100 \quad (32)$$

در این رابطه RMS بیان گر انحراف از معیار طیف جابجایی سازه در تراز عرشه بدون میراگر و RMS_{damper} نیز با وجود میراگر می‌باشد؛ مقدار RMS برابر است با رادیکال سطح زیر نمودار طیف جابجایی. با ضرب مقدار کارایی میرایی در احتمال رخداد هر شرایط دریایی می‌توان کارایی احتمالاتی میراگر در آن شرایط دریایی را محاسبه نمود و با جمع تمامی این حالت‌ها، کارایی بلند مدت میراگر در آن شرایط دریایی بدست می‌آید.

$$\text{کارایی احتمالاتی میراگر} = \text{احتمال رخداد هر } sea\ state \times \text{کارایی میرایی} \quad (33)$$

$$\text{کارایی بلندمدت میراگر} = \sum_{\text{تعداد } sea\ state} \text{کارایی احتمالاتی میراگر} \quad (34)$$

نتایج کارایی بلند مدت میراگر ویسکوز

با توجه به در دست داشتن شرایط دریایی عملیاتی سکوی مورد مطالعه، کارایی بلند مدت میراگر را در حالت‌های مختلف بررسی می‌نماییم. مطابق جدول زیر نتایج مربوط به پاسخ سازه در بالاترین تراز آورده شده است. در یک ستون میزان کاهش جابجایی را بررسی کردیم. در واقع در این ستون، پارامتر انحراف از معیار (جذر سطح زیر نمودار) در دو حالت بدون میراگر و با میراگر با هم مقایسه شدند. در ستون دیگر کارایی نسبت به جفت میراگر آورده شده است که عملکرد میراگر را از نظر اقتصادی بررسی می‌نماید. با توجه به نتایج بدست آمده در **Error! Reference source not found.** مشاهده می‌شود ممکن است کارایی میراگر در بلند مدت و با در نظر گرفتن شرایط دریایی، با حالتی که تنها تحت یک حالت خاص موج نامنظم قرار گیرد، متفاوت باشد. با توجه به **Error! Reference source not found.** می‌توان حالت‌های ۶ و ۷ را چیدمان خوبی از میراگر ویسکوز در کاهش پاسخ سازه تحت بار موج دانست. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت چیدمان میراگر پارامتر بسیار مهمی در انتخاب میراگر بهینه می‌باشد و لزوماً افزایش تعداد دمپرها سبب کاهش پاسخ بیش‌تر در سازه نمی‌گردد.

نتیجه گیری

مطابق طیف پاسخ سازه می‌توان نتیجه گرفت با افزودن میراگر، میزان تغییرات پیک اول نمودار که مربوط به نیروی تحریک می‌باشد تغییر چندانی نمی‌کند، به بیانی دیگر وجود میراگر، پاسخ سازه مربوط به نیروی موج را چندان تحت تاثیر قرار نمی‌دهد و عموماً باعث کاهش پیک دوم نمودار که مربوط به فرکانس طبیعی سازه می‌باشد، می‌گردد. چندین جانمایی از میراگر ویسکوز نشان می‌دهد لزوماً با افزایش تعداد دمپرها، کاهش پاسخ سازه افزایش پیدا نمی‌کند. هم‌چنین عملکرد میراگر در هر حالت جانمایی ممکن است در ترازهای مختلف متفاوت باشد؛ از این رو انتخاب جانمایی بهینه میراگر می‌بایست با در نظر گرفتن کارایی میراگر در همه‌ی ترازها صورت پذیرد.

مراجع

- [1] Vandiver, J.K., and Mitone, S., "Effect of liquid storage tanks on the dynamic response of offshore platforms," Applied ocean research, Vol. 1(2), p. 67-74, 1979.
- [2] Lee, S., and Reddy, D., "Frequency tuning of offshore platforms by liquid sloshing," Applied ocean research, Vol. 4(4), p. 226-23, 1982.
- [3] Patil, K. C., and Jungid, R. S., "Passive control of offshore jacket platforms," Ocean Engineering, Vol. 32, p. 1933-1949, 2005.
- [4] Lee, H., Wong, S. H., and Lee, R. S., "Response mitigation on the offshore floating platform system with tuned liquid column damper," Ocean engineering, Vol. 33(8), p. 1118-1142, 2006.
- [5] Jin, Q., "Experimental and numerical study on tuned liquid dampers for controlling earthquake response of jacket offshore platform," Marine Structures, Vol. 20(4), p. 238-254, 2007.
- [6] Golafshani, A., and Gholizad, A., "Passive Devices for Wave Induced Vibration Control in Offshore Steel Jacket Platforms," SCIENTIA IRANICA, Vol. 16, No. 6, p. 443-456, 2009.
- [7] Golafshani, A. A., and Gholizad, A., "Friction damper for vibration control in offshore steel jacket platforms," Journal of Constructional Steel Research, Vol. 65(1), p. 180-187, 2009.
- [8] Komachi, Y., Tabeshpour, M.R., Golafshani, A. A., and Mualla, I. H., "Retrofit of Resselat jacket platform (Persian Gulf) using friction damper device," Journal of Zhejiang University-Science A, Vol. 12(9), p. 680-691, 2011.
- [9] Garcia, L. D., and Soong, T. T., "Efficiency of a simple approach to damper allocation in MDOF structures," Journal of Structural Control, Vol. 9, P. 19-30, 2002.
- [10] Garcia, L. D., "A Simple Method for the Design Optimal Damper Configurations in MDOF Structures," WINNING PAPER-EERI STUDENT PAPER AWARD, 2001.
- [11] Penzien, J., and Kaul, M. K., "Stochastic response of offshore towers to random sea waves and strong motion earthquakes," Computers & Structures, Vol. 2(5), p. 733-756, 1972.
- [12] Mazaheri, S., and Ghaderi, Z., "Shallow Water Wave Characteristics in Persian Gulf," Journal of Coastal Research, SI 64 (Proceedings of the 11th International Coastal Symposium), Szczecin, Poland, ISSN p. 572-575, 2011.
- [13] Clough, R. W., and Penzien, J., "Dynamic of structures," McGraw Hill Inc, NY, 1993.