



مرکز پژوهش‌های 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



ICOPMAS

بررسی میزان تأثیر مشخصات هندسی ستونها و پانتونهای سکوه‌های نیمه شناور در پاسخ‌های حرکتی واقع در صفحات قائم

مهدی شفیعی‌فر
دانشگاه تربیت مدرس

حمید گل‌پور
دانشگاه تربیت مدرس

مهدی میرزایی
دانشگاه تربیت مدرس

shafiee@modares.ac.ir

h-golpour@modares.ac.ir

mirzaeim@modares.ac.ir

مقدمه

Semisubmersible ها یا سکوه‌های فراساحل نیمه شناور از جمله سکوه‌های رایج در صنعت نفت و گاز می‌باشند. امروزه به دلایل فنی و اقتصادی، فرآیندها و روش‌های تحلیل، طراحی و اجرای آنها با سرعت و دقت زیادی در حال تحول، بهبود و اصلاح هستند. بطور کلی سکوه‌های شناور در مقایسه با سکوه‌های ثابت تأثیرپذیری بیشتری از نیروهای محیطی دریا دارند، به نحوی که اجرای کلیه عملیات اکتشاف، حفاری، استخراج، بهره‌برداری، تخلیه و بارگیری محصولات نفتی از روی این سکوها به شدت متأثر از حرکت‌های سازه در درجات آزادی آن است و بیش از حد بزرگ بودن این حرکات می‌تواند توانایی سکو در انجام فعالیت‌هایش را با مخاطره مواجه کند. یکی از گام‌های اولیه در فرایند طراحی این سازه‌های شناور، تحلیل و بررسی رفتار حرکتی سکو در برابر شرایط محیطی است. طراحی زمانی موفق است که قضاوت‌های مهندسی مناسب در انتخاب پارامترها و مشخصات هندسی، به بهینه شدن پاسخ آنها منجر شود. به گونه‌ای که سکو کمترین پاسخ دینامیکی به تحریکات هیدرودینامیکی حاصل از شرایط محیطی را دارا باشد. این امر نیازمند یک درک عمومی مناسب از بارگذاری ناشی از شرایط محیطی، به ویژه موج و اندرکنش آن با هندسه سازه است. در این مقاله به بررسی برخی از پارامترهای هندسی مهم ستونها و پانتونهای سکوه‌های نیمه شناور و میزان تأثیر آنها در پاسخ‌های حرکتی واقع در صفحات قائم پرداخته می‌شود تا با دستیابی به میزان حساسیت پاسخ‌های سازه به مشخصاتی از قبیل ابعاد، حجم بخش مستغرق و شکل هندسی مقطع ستونها و پانتونها، معیارهای هندسی مناسبی در درجات آزادی مورد نظر برای طراحی سکو با هدف کاهش پاسخ‌های حرکتی بدست آید.

مدل‌سازی و تحلیل سکو با استفاده از SESAM

در این تحقیق به منظور مدل‌سازی و تحلیل هیدرودینامیکی سکوه‌های نیمه‌شناور از بسته نرم‌افزاری SESAM محصول شرکت DNV نروژ نگارش ۲۰۰۲ استفاده شده است. SESAM یک بسته نرم‌افزاری جامع و یکپارچه برای تحلیل‌های هیدرودینامیکی و سازه‌ای است که در برگیرنده نرم‌افزارهای گوناگونی برای مدل‌سازی، تحلیل‌های هیدرودینامیکی و سازه‌ای و پردازش نتایج می‌باشد که هر یک برای انواع مختلفی از سازه‌های دریایی بکار می‌روند (SESAM user's manual).

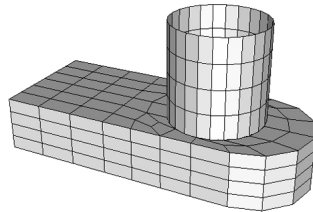
مدیریت و کلیه کنترل‌های یک پروژه در SESAM توسط یک رابط کاربر ساده به نام Manager که در واقع یک نوار منو است انجام می‌شود. این رابط کاربر، علاوه بر سهولت در اجرای نرم‌افزارهای مختلف و ایجاد تنظیمات و پیش‌فرضها و نیز مدیریت فایل‌های گوناگون تولید شده توسط نرم‌افزارها، به کاربر کمک می‌کند تا درک مستقیم و راحتی نسبت به بخش‌های گوناگون نرم‌افزار پیدا کند. به طور کلی می‌توان نرم‌افزارهای مختلف SESAM را اینگونه طبقه‌بندی کرد:

- ۱- نرم‌افزارهای مدل‌سازی، که شامل مدل‌سازهای قابی (مانند Jacket) و مدل‌سازهای سازه‌های با شکل عمومی می‌باشند.
- ۲- نرم‌افزارهای بارگذاری و تحلیل دینامیکی، که برای سازه‌های با شکل عمومی، سازه‌های قابی و کشتی‌ها بکار می‌روند.
- ۳- نرم‌افزارهای تحلیل‌های سازه‌ای، که شامل تحلیل‌های خطی، غیرخطی، تحلیل‌های خستگی، اندرکنش خاک-شمع-سازه، سیستم‌های مهاربندی و غیره هستند.

۴- نرم‌افزارهای پردازش و استخراج نتایج، که بسته به نوع تحلیل‌های صورت گرفته نوع آن متفاوت خواهد بود.

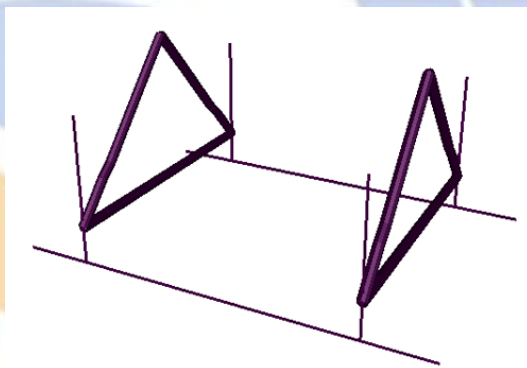
در ادامه، ضمن ارائه روش کار در مدل‌سازی و تحلیل سکوی نیمه‌شناور، برای آشنایی با ویژگی‌ها و توانمندی‌های بسته نرم‌افزاری SESAM بخش‌های مختلف آن به صورت اجمالی معرفی می‌شود.

برای ساخت مدل سکویهای نیمه شناور باید از مدل دوگانه^۱ استفاده شود (SESAM user's manual). مدل دوگانه در واقع شامل دو مدل جداگانه از سکو است که برای اهدافی متفاوت ساخته شده اند: مدل پنل و مدل موریسون. مدل پنل در واقع یک مدل المان محدود سه بعدی است که توسط نرم افزار PREFEM ساخته می شود و برای محاسبات هیدرودینامیکی با استفاده از تئوری تفرق-انکسار^۲ استفاده می گردد. در واقع PREFEM نرم افزاری برای ساخت مدل های المان محدود برای استفاده در تحلیل های هیدرودینامیکی (با نام مدل پنل) و تحلیل های سازه ای (با نام مدل FE) است (SESAM user's manual). در هنگام مدل سازی می توان در صورت امکان از تقارن استفاده کرد و تنها بخشی از مدل متقارن را ساخت. شکل ۱ مدل پنل را نشان می دهد. همانطور که در این شکل دیده می شود، به دلیل وجود تقارن نسبت به دو محور، تنها یک چهارم از کل سازه مدل می شود.



شکل ۱: مدل پنل سکوی نیمه شناور GVA 4000 (به علت متقارن بودن، تنها یک چهارم آن مدل شده است)

مدل موریسون برای بهره گیری از معادله موریسون در محاسبات هیدرودینامیکی مورد استفاده قرار می گیرد و توسط نرم افزار PREFRAME ساخته می شود. PREFRAME نرم افزاری برای ساخت مدل های قابی با المان Beam است که در محاسبه نیروهای موریسون، نیروهای ناشی از درگ، نیروهای ناشی از لزجت و نیز در محاسبه و توزیع جرم سازه ای به منظور محاسبات استفاده می شود (SESAM user's manual). شکل ۲ مدل موریسون سکوی نیمه شناور مورد استفاده در تحلیل را نشان می دهد.



شکل ۲: مدل موریسون سکوی نیمه شناور مورد بررسی

ب- تحلیل هیدرودینامیکی سکو

به منظور تحلیل هیدرودینامیکی سکوها از نرم افزار WADAM استفاده می شود. WADAM برنامه تحلیل هیدرودینامیکی برای محاسبه اندرکنش موج-سازه در سازه های ثابت و شناوری همچون نیمه شناورها، کشتی سان ها، سکوی های پایه کششی، و سکوی های وزنی است. در سازه هایی که شامل اعضای حجیم و لاغر هستند (سازه هایی که باید به صورت دوگانه مدل شوند)، WADAM به صورت خودکار و با توجه به نسبت ابعاد به طول موج روش مناسب تحلیل -استفاده از تئوری تفرق یا معادله موریسون- را بکار می گیرد و در نهایت می تواند نتایج را به صورت متعین و یا به صورت توابع انتقال مختلط ارائه دهد.

¹. Dual Model

². Diffraction-Radiation

همانگونه که اشاره شد، WADAM نتایج حاصل از تحلیل را به صورت متعین و یا به صورت توابع انتقال مختلط ارائه می دهد. به منظور استخراج و پردازش نتایج حاصل از تحلیل از نرم افزار Postresp استفاده می شود. Postresp علاوه بر ارائه مقادیر پاسخ های حرکتی، می تواند با دریافت آمارهای کوتاه مدت و بلند مدت موج و انواع طیف های مختلف موج، نتایج گوناگون و متنوع حاصل از اندرکنش موج-سازه را ارائه دهد.

معادلات حاکم

امواج دریایی که دارای ماهیتی اتفاقی و به صورت تناوبی و تکرار پذیر هستند، باعث ایجاد نیروهای بزرگی بر سازه های دریایی می شوند. اتفاقی بودن و جهت های مختلف و انرژی های متفاوت امواج همگی سبب می شود تا برای پیش بینی اثرات آن بر روی سازه پیچیدگی های زیادی وجود داشته باشد. همین امر و نیز تنوع ابعاد سازه های دریایی سبب شده است تا تئوری های مختلفی برای محاسبه نیروهای حاصل از امواج ارائه شود. از آنجا که در آبهای عمیق از سازه های شناور بزرگ و با حجم جابجایی زیاد استفاده می شود، تئوری تفرق-انتشار برای محاسبه این نیروها بکار می رود. در این بخش به صورت خلاصه، اصول و مبانی معادلات حاکم بر تئوری تفرق سه بعدی مرور می شود (J.M.J Journee and W.W. Massie (2001)). البته از آنجا که این سازه ها دارای اعضای لاغر نیز هستند، معادله موریسون نیز در تحلیل هیدرودینامیکی این اعضای سکوها مورد استفاده قرار می گیرد.

بر اساس نظریه پتانسیل خطی، پتانسیل یک جسم شناور حاصل برهم نهی پتانسیل های موج برخوردی دست نخورده (Φ_w)، پتانسیل ناشی از تفرق موج برخوردی دست نخورده بر جسم ثابت (Φ_d) و پتانسیل های انتشاری که از حرکات شش گانه جسم ناشی می شوند (Φ_j)، می باشد:

$$\Phi = \sum_{j=1}^6 \Phi_j + \Phi_w + \Phi_d \quad (1)$$

فرض می شود که سیال تراکم نپذیر، غیرچسبنده و غیرچرخشی و بدون اثرات کشش سطحی باشد. دامنه حرکات کوچک اند، بطوریکه به غیر از ترم های خطی شرایط سطح آزاد، شرایط مرزی سینماتیکی روی جسم و معادله برنولی، بقیه ترم ها قابل صرف نظر کردن هستند. این پتانسیل ها باید شرایط مرزی زیر را ارضاء کنند:
- شرط پیوستگی یا معادله لاپلاس:

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} = 0 \quad (2)$$

- شرط مرزی بستر دریا در $z = -h_0$:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial z} = 0 \quad (3)$$

h_0 بیانگر فاصله مبدا دستگاه مختصات متصل به زمین $O(x, y, z)$ ، تا بستر دریا است.

- شرط مرزی سطح آزاد:

$$g \frac{\partial \Phi}{\partial z} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial t^2} = 0 \quad (4)$$

- شرط مرزی سینماتیکی در بخش خیس سطح بدنه جسم در حال نوسان:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial n} = \vec{v} \cdot \vec{n} \quad (5)$$

که در آن، \vec{v} سرعت یک نقطه از بدنه است و \vec{n} بردار نرمال بدنه است که جهت مثبت آن به سمت سیال است.

- شرط انتشار:

$$\lim_{R \rightarrow \infty} \Phi = 0 \quad (6)$$

در اینجا، تئوری در مورد یک موج منظم تک‌جهتی ارائه می‌شود. اما می‌توان از اصل برهم‌نهی برای مطالعه انواع شرایط موج نامنظم (حتی آنهایی که در چند جهت گسترش می‌یابند) بهره جست. در امواج منظم، یک پتانسیل خطی (Φ) که تابعی از مختصات متصل به زمین و زمان است، می‌تواند بصورت حاصل ضرب یک ترم وابسته به فضا و یک ترم هارمونیک وابسته به زمان نوشته شود:

$$\Phi(x, y, z; t) = \phi(x, y, z).e^{-i\omega t} \quad (7)$$

شرایط مرزی که در مورد پتانسیل (Φ) وجود دارند، باعث ایجاد شرایط مشابهی برای ترم وابسته به فضا (ϕ) می‌شوند. این ترمها به این صورت بیان می‌شوند:

$$\phi = -i\omega \sum_{j=0}^7 \phi_j \zeta_j \quad (8)$$

$j=0$ بیانگر موج برخوردی دست‌نخورده است و $j=1, \dots, 6$ متعلق به مودهای حرکت جسم‌اند و $j=7$ نماینده موج تفرق یافته می‌باشد. پتانسیل مختلط ϕ با برهم‌نهی پتانسیل موج دست‌نخورده ϕ_0 ، پتانسیل تفرق موج ϕ_7 و پتانسیل ϕ_j که با مود j ام حرکت جسم ($j=1, \dots, 6$) همراه است، بدست می‌آید:

$$\phi = -i\omega \left\{ (\phi_0 + \phi_7) \zeta_0 + \sum_{j=1}^6 \phi_j \zeta_j \right\} \quad (9)$$

که در آن $\zeta_j(t) = \bar{\zeta}_j . e^{-i\omega t}$ حرکات جسم نسبت به محورهای جسم، در مود j ام هستند (علامت خط رویین نشان دهنده دامنه مختلط حرکت است) و ζ_0 دامنه موج دست‌نخورده می‌باشد. بخش وابسته به فضای پتانسیل سرعت ϕ_0 که با یک موج منظم که در آبی با عمق محدود h دارای تاج ممتد می‌باشد همراه است، توسط رابطه زیر بیان می‌شود:

$$\phi_0 = \frac{\zeta_0 g}{\omega} \frac{\cosh k(h_0 + z)}{\cosh kh} . e^{ik(x \cos \mu + y \sin \mu)} \quad (10)$$

در رابطه بالا μ جهت موج (rad) نسبت به جهت مثبت محور x ، k عدد موج، h عمق آب، h_0 فاصله از مبدا (O) محورهای ثابت متصل به زمین تا بستر دریا و ω فرکانس موج می‌باشد. فشار سیال، از معادله برنولی بدست می‌آید:

$$p(x, y, z; t) = -\rho \frac{\partial \Phi}{\partial t} = \rho \omega^2 \left\{ (\phi_0 + \phi_7) \zeta_0 + \sum_{j=1}^6 \phi_j \zeta_j \right\} . e^{-i\omega t} \quad (11)$$

نیروها ($k=1, 2, 3$) و لنگرهای ($k=4, 5, 6$) مرتبه اول تحریک کننده موج در جهت k ام به ترتیب زیر می‌باشند:

$$X_k = -\iint_{S_0} p n_k . dS_0 = -\rho \omega^2 \zeta_0 e^{-i\omega t} \iint_{S_0} (\phi_0 + \phi_7) n_k . dS_0 \quad (12)$$

و نیروها و لنگرهای نوسانی هیدرودینامیکی در جهت k ام از رابطه زیر بدست می‌آیند:

$$F_k = -\iint_{S_0} p n_k . dS_0 = -\rho \omega^2 \sum_{j=1}^6 \zeta_j e^{-i\omega t} \iint_{S_0} \phi_j n_k . dS_0 \quad (13)$$

که در آن، S_0 میانگین سطح خیس جسم و n_k کوسینوس جهت جزء سطح dS_0 برای k مود می‌باشد. کوسینوس‌های تعمیم یافته جهت در S_0 به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$n_1 = \cos(n, x), \quad n_2 = \cos(n, y), \quad n_3 = \cos(n, z), \quad n_4 = yn_3 - zn_2, \quad n_5 = zn_1 - xn_3, \quad n_6 = xn_2 - yn_1 \quad (14)$$

پتانسیل موج برخوردی (ϕ_0) ، در معادله (10) بیان شده است. پتانسیل ϕ_j در نقطه (x, y, z) واقع بر سطح میانگین خیس جسم (S_0) که از حرکت در مود j ($j=1, \dots, 6$) و پتانسیل تفرق ϕ_7 حاصل می‌شود، می‌تواند بصورت یک توزیع پیوسته از منابع منفرد واقع بر سطح جسم بیان شود:

$$\phi_j(x, y, z) = \frac{1}{4\pi} \iint_{S_0} \sigma_j(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}) G(x, y, z, \hat{x}, \hat{y}, \hat{z}) . dS_0 \quad \text{به ازای: } j=1, \dots, 7 \quad (15)$$

که در آن، $\sigma_j(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z})$ قوای منبع در نقطه $(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z})$ واقع بر سطح میانگین خیس جسم (S_0) می باشد که در اثر حرکت جسم در مود j ام ایجاد می شود، و $G(x, y, z, \hat{x}, \hat{y}, \hat{z})$ تابع گرین یا تابع تأثیر منبع ضربانی $\sigma_j(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z})$ است که به ازای $(x, y, z) = (\hat{x}, \hat{y}, \hat{z})$ در نقطه $(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z})$ دارای پتانسیل $\phi_j(x, y, z)$ می باشد.

قوای معلوم منبع $\sigma_j(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z})$ بر اساس شرایط مرزی سرعت عمودی جسم تعیین می شوند. با ترکیب معادله (۱۱) و معادله (۱۵) معادله انتگرالی زیر حاصل می شود:

$$\frac{\partial \phi_j}{\partial n} = n_j = -\frac{1}{2} \sigma_j(x, y, z) + \frac{1}{4\pi} \iint_{S_0} \sigma_j(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}) \frac{\partial G(x, y, z, \hat{x}, \hat{y}, \hat{z})}{\partial n} dS_0 \quad (16)$$

برای بدست آوردن پتانسیل های حرکت (ϕ_j) ، طرف راست معادله (۱۶) با استفاده از کوسینوسهای جهت که در معادله (۱۴) تعریف شدند بدست می آید. با تقسیم کردن سطح خیس به N جزء صفحه، که در آنها قوای منبع دارای توزیع یکنواخت (همگن) هستند، معادله (۱۶) بصورت جزئی شده در هر قطعه مسطح حل می شود. برای حل پتانسیل تفرق (ϕ_j) ، (برای جسم مقید) در طرف راست معادله (۱۶) داریم:

$$n_j = \frac{\partial \phi_j}{\partial n} = -\frac{\partial \phi_0}{\partial n} \quad (17)$$

با حل معادله انتگرالی (۱۶)، قوای منبع نامعلوم بدست می آیند. جانشینی این قواها در معادله (۱۳) موجب یافتن نیروهای موج می شود. سرانجام حرکات ζ_j از معادلات کوپل زیر در شش درجه آزادی بدست می آیند:

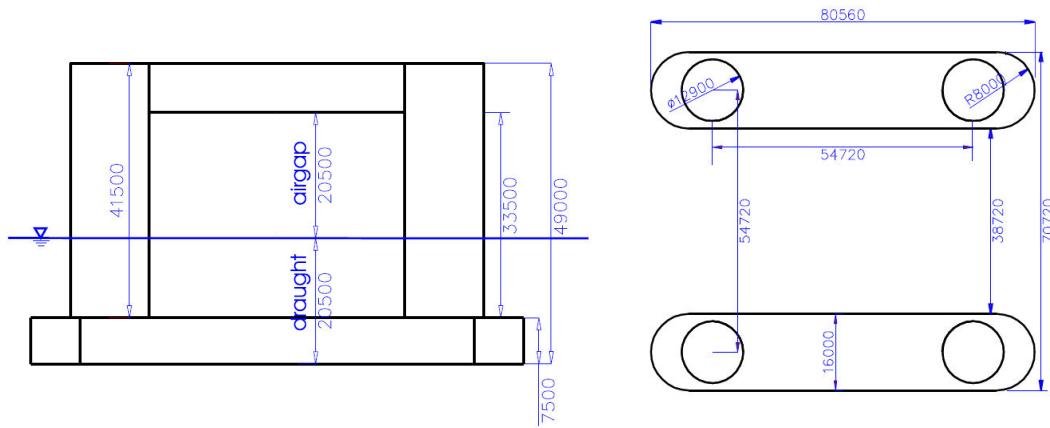
$$\sum_{j=1}^6 \{ -\omega^2(m_{kj} + a_{kj}) - i\omega b_{kj} + c_{kj} \} \zeta_j = X_k \quad k = 1, \dots, 6 \quad \text{به ازای:} \quad (18)$$

در معادله بالا، m_{kj} ماتریس اینرسی جسم برای کوپلینگ k مود، در اثر شتاب در j مود می باشد. a_{kj} ماتریس جرم اضافی برای نیروی وارد بر جسم در k مود، در اثر شتاب جسم در j مود است. b_{kj} ماتریس میرایی برای نیروی وارد بر جسم در k مود، در اثر سرعت جسم در j مود است. c_{kj} ماتریس فتر برای نیروی وارد بر جسم در k مود، در اثر حرکت جسم در j مود است. و X_k نیروی موج وارد بر جسم در k مود می باشد. توجه شود که a_{kj} و b_{kj} نیز پس از معلوم شدن منابع ضربانی و پتانسیل ها، به روشی که در (J.M.J. Journee and W.W. Massie (2001)) بیان شده است تعیین می شوند.

پاسخ های سکوی نیمه شناور با هندسه مختلف

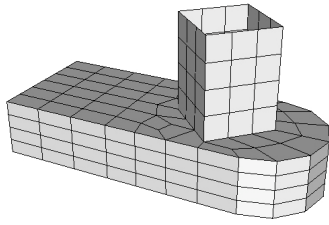
تحلیل پاسخ سکوی شناور شامل حل معادله دیفرانسیل حرکت در ۶ درجه آزادی با در نظر گرفتن نیروهای محیطی است. درجات آزادی شامل سه درجه انتقالی Heave, Surge, Sway و سه درجه دورانی Roll, Pitch, Yaw می باشند. میزان حرکات سازه در این درجات آزادی به عوامل مختلفی از جمله سختی مهارها، بارهای محیطی، هندسه سازه، میزان میرایی و ... بستگی دارد (Chakrabarti, S.K. (1987)). سیستم های مهار سکوی نیمه شناور سبب ایجاد نیروهای بازگرداننده در صفحه افقی می شوند و لذا حرکت در درجات آزادی Surge, sway, yaw را کنترل می کنند (Barltrop, N.D.P. (1998)). در عین حال نیروهای بازگرداننده قائم بستگی زیادی به شناوری هیدرواستاتیکی سکو دارند. بر طبق قانون ارشمیدس بر مرکز شناوری یک جسم شناور، نیرویی برابر وزن هم حجم سیال جابجا شده وارد می شود. این نیرو سبب ایجاد نیروهای بازگرداننده در صفحه قائم شده و لذا حرکات های درجات آزادی heave, pitch, roll تأثیر زیادی از نیروها می گیرند. بنابراین هندسه سازه تأثیر بسزایی در پاسخ های این درجات آزادی دارد (Ogunola A. (2003)).

برای دستیابی به میزان تأثیر این پارامترها در رفتار سکو، سازه هایی با هندسه مختلف مدل سازی و تحلیل شده اند. مبنای اولیه در ساخت هندسه مدل یک سکوی GVA 4000 (شکل ۳) است (Clauss G.F. et al (2002)). در این تحلیل ها عمق آب ۸۰۰ متر و چگالی آب ۱۰۲۵ کیلوگرم بر متر مکعب بوده و برخورد موج در زوایای ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ درجه مد نظر قرار گرفته است. ضمن اینکه از محدوده مناسبی از فرکانس های موج برای در نظر گرفتن کلیه امواج ممکن در پاسخ سازه استفاده شده است.

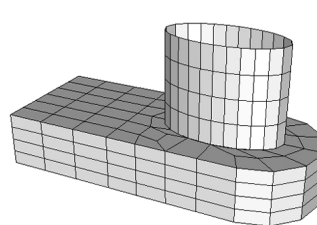


شکل ۳: ابعاد یک سکوی GVA 4000 (مدل شماره ۱)

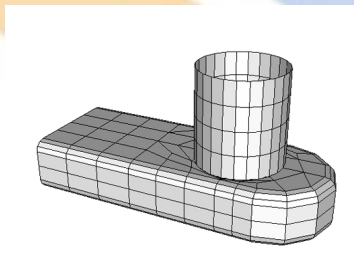
در یک طبقه‌بندی کلی می‌توان مدل‌های مختلف را به سه گروه تقسیم کرد. در بخش اول تغییرات هندسه ستون‌ها (شکل ۴ و ۵)، در بخش دوم تغییرات هندسه پانتون‌ها (شکل ۶ و ۷) و در بخش سوم تغییرات ابعاد کلی سکوها مورد بررسی قرار گرفته است.



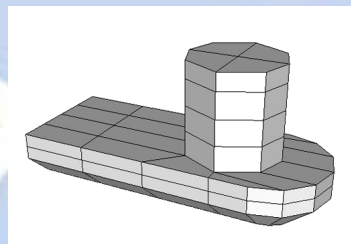
شکل ۵: مدل شماره ۳



شکل ۴: مدل شماره ۲



شکل ۷: مدل شماره ۷

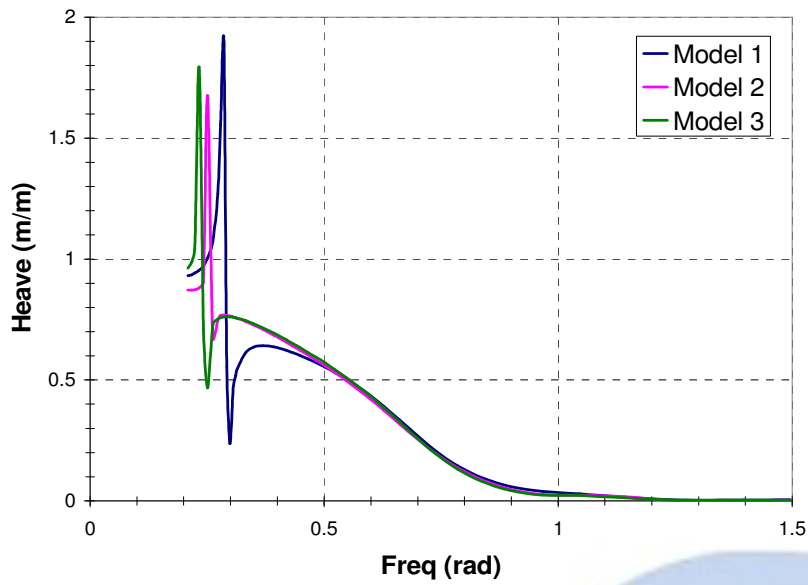


شکل ۶: مدل شماره ۶

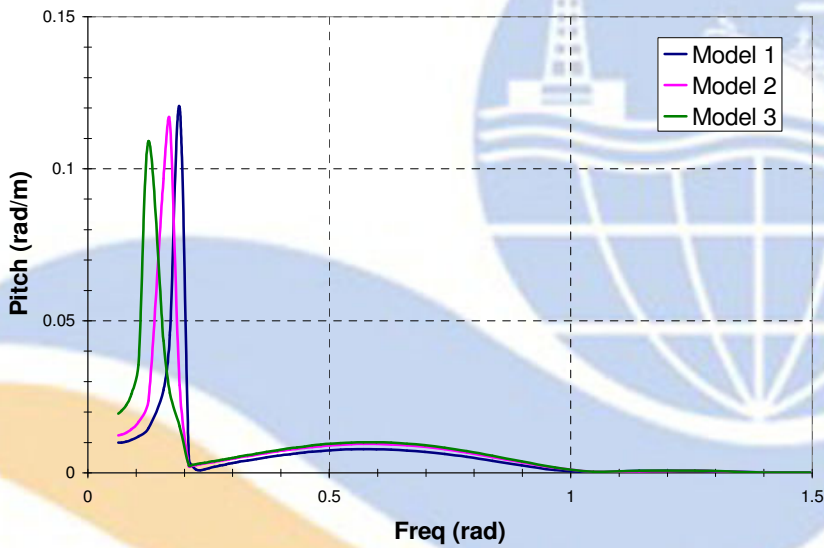
نمودارهای پاسخ heave و Pitch و roll مدل‌های ۱ و ۲ و ۳ که در واقع تغییرات پاسخ به سبب تغییر در مقطع ستون‌های سکو را نشان می‌دهد، به ترتیب در شکل‌های ۸ تا ۱۰ ارائه شده‌اند.

در تمام شکل‌های زیر، محور عمودی بیانگر RAO^۱ی حرکت در درجه آزادی مربوطه بر حسب فرکانس موج برخوردی می‌باشد.

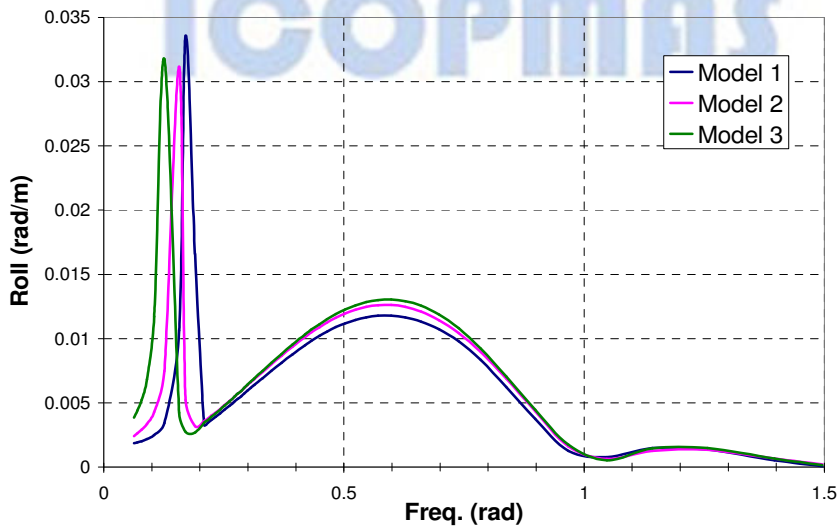
^۱. Response Amplitude Operator



شکل ۸: پاسخ heave سکوهای مدل ۱ و ۲ و ۳ (زاویه برخورد موج ۱۸۰ درجه)

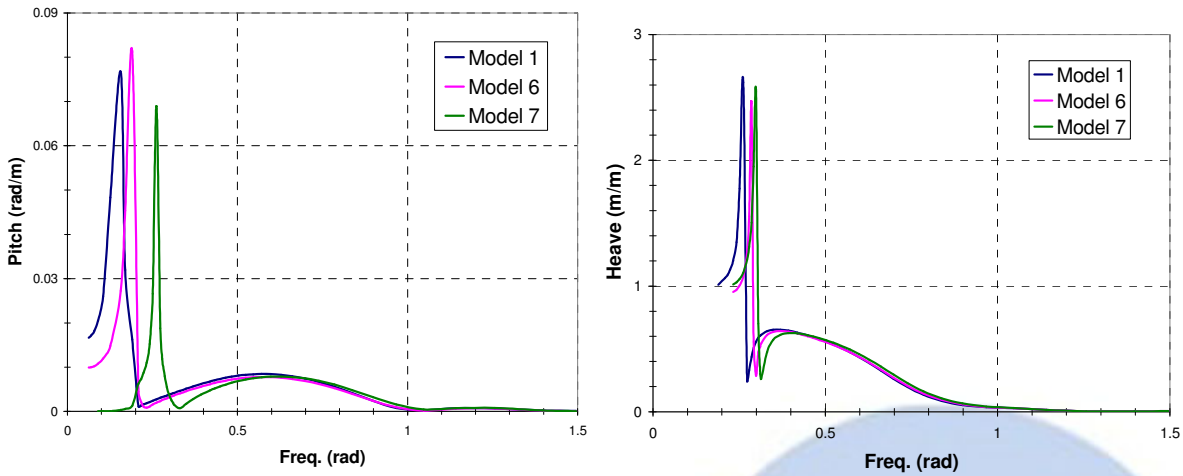


شکل ۹: پاسخ Pitch سکوهای مدل ۱ و ۲ و ۳ (زاویه برخورد موج ۱۸۰ درجه)



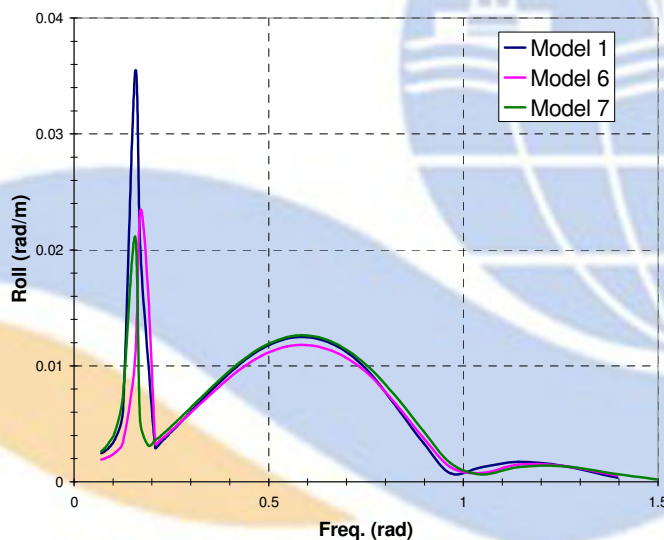
شکل ۱۰: پاسخ Roll سکوهای مدل ۱ و ۲ و ۳ (زاویه برخورد موج ۹۰ درجه)

همچنین پاسخ‌های heave و Pitch و roll مدل‌های ۱ و ۶ و ۷ - که در برگیرنده تغییرات هندسه پاتون‌ها است - در نمودارهای شکل های ۱۱، ۱۲ و ۱۳ ارائه شده است. شکل‌های ۱۱ و ۱۲ مربوط به زاویه برخورد موج ۱۸۰ درجه می‌باشند.



شکل ۱۲: پاسخ Pitch مدل ۱ و ۶ و ۷

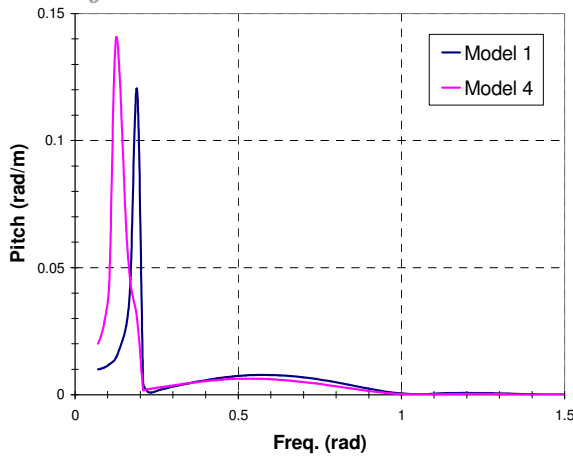
شکل ۱۱: پاسخ heave مدل ۱ و ۶ و ۷



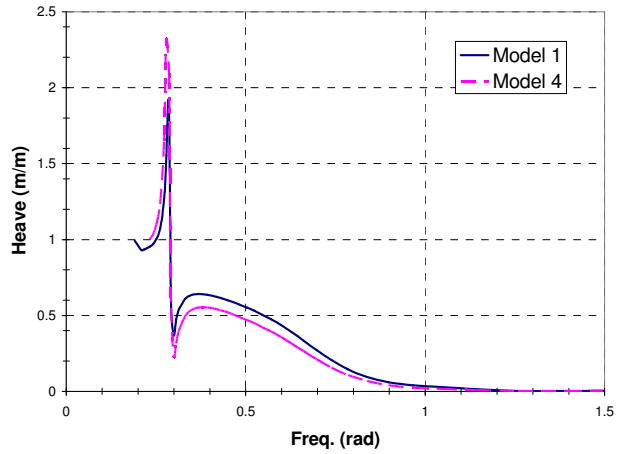
شکل ۱۳: پاسخ Roll سکوهاي مدل ۱ و ۶ و ۷ (زاویه برخورد موج ۹۰ درجه)

شکل‌های ۱۴ و ۱۵ نمودارهای heave و pitch دو نمونه سکوی ۱ و ۴ را که ارتفاع بخش زیر آب ستون‌های آنها متفاوت است را نشان می‌دهند. در مدل شماره چهار ارتفاع بخش زیر آب ستون ۲۰ متر می‌باشد، یعنی فرض شده است که با ثابت ماندن تمام پارامترها، میزان آب‌خور سکو به اندازه ۷ متر تغییر کند. در حقیقت این وضعیت بیانگر تغییر در آب‌خور سکو در شرایط بالاست^۱ می‌باشد. اگرچه تغییر آب‌خور به این میزان کمی دور از ذهن بنظر می‌رسد، اما برای ایجاد تمایز بیشتر در این مورد، تغییر آب‌خور کمی اغراق آمیز در نظر گرفته شده است. شکل‌های ۱۴ و ۱۵ مربوط به زاویه برخورد موج ۱۸۰ درجه می‌باشند.

^۱ . Ballast



شکل ۱۵: پاسخ Pitch سکوهاى ۱ و ۴



شکل ۱۶: پاسخ heave سکوهاى ۱ و ۴

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

نمودارهای ۸، ۹ و ۱۰ بیانگر آن هستند که تغییر مقطع ستون‌های سکوی نیمه‌شناور باعث تغییرات قابل توجهی در پاسخ‌های سازه می‌شود. به نحوی که دور شدن شکل مقطع از دایره سبب افزایش RAOها در درجات آزادی roll، heave و pitch می‌شوند. البته این موضوع قابل پیش‌بینی است، چرا که ستون‌ها به علت نزدیکی به سطح آب، بیشتر تحت تأثیر امواج بوده و لذا تغییر مشخصات ستون‌ها می‌تواند سبب تغییرهای در خور توجهی در پاسخ سازه شود.

نکته قابل توجه دیگر در این نمودارها، افزایش پی‌ریود طبیعی سازه در درجات مذکور با دور شدن شکل مقطع از دایره است. این موضوع علاوه بر آنکه بیانگر میزان تأثیر میرایی ناشی از درگ در مقطع‌های مختلف است، می‌تواند ناشی از تغییر جرم‌افزوده هم باشد، زیرا جرم‌افزوده که ناشی از شتاب نسبی میان سیال و جسم است به ویژه در نزدیکی سطح آب - به علت بیشتر بودن تغییرات فشار - می‌تواند تأثیر بسزایی در فرکانس سازه داشته باشد.

با توجه به شکل‌های ۱۱، ۱۲ و ۱۳ تغییر هندسه پانتون‌ها برخلاف ستون‌ها، تأثیر بسیار کمتری در پاسخ‌های سکو داشته‌اند و این موضوع از آنجا که پانتون‌ها در عمق زیادتری واقع شده‌اند و تأثیرپذیری کمتری از نوسانات سطح آب و در نتیجه تغییرات فشار دارند، امری طبیعی به نظر می‌رسد. با این حال تغییرات هندسه پانتون‌ها، همچنان بر فرکانس طبیعی سازه تأثیرگذار بوده و علاوه بر آن بر میزان پاسخ سکو در فرکانس طبیعی نیز تأثیر قابل ملاحظه‌ای دارد.

همچنین، همانگونه که انتظار می‌رفت و در نمودارهای ۱۴ و ۱۵ قابل مشاهده است، افزایش ارتفاع ستون و در نتیجه افزایش میزان آب‌خور سکو سبب کاهش پاسخ در درجه آزادی heave شده و علاوه بر آن باعث کاهش فرکانس طبیعی سازه در حرکت pitch می‌گردد.

نکته قابل توجه دیگر که لازم است قید شود، مطلوبیت نرم‌افزار SESAM به سبب توانایی‌های بالای آن در مدل‌سازی و تحلیل انواع سازه‌های دریایی و به ویژه سرعت آن در مقایسه با سایر نرم‌افزارهای موجود است. به نحوی که توسط یک پردازنده دوهسته‌ای با سرعت پردازش ۳٫۴ گیگاهرتز و حافظه یک گیگابایت، مدت زمان لازم برای تحلیل مدل‌های ساخته شده در این مقاله، با توجه به تعداد امواج برخوردی و ابعاد سکو در حدود ۶۰ الی ۱۲۰ ثانیه است.

- DET NORSKE VERITAS, (2002) SESAM user's manual, Manager, (DNV)
- DET NORSKE VERITAS, (2002) SESAM user's manual, WADAM, (DNV)
- DET NORSKE VERITAS, (2002) SESAM user's manual, PREFEM, (DNV)
- DET NORSKE VERITAS, (2002) SESAM user's manual, PREFRAME, (DNV)
- J.M.J Journee and W.W. Massie (2001) Offshore Hydromechanics, first edition, Delft University of Technology
- Chakrabarti, S.K. (1987) Hydrodynamics of Offshore Structures, Springer Verlag, Southampton, Boston.
- Barltrop, N.D.P. (1998) Floating Structures: a guide for design and analysis, Volume 1 and 2, Oilfield Publications Limited (OPL), Ledbury, England.
- Otunola A. (2003) Comparison of ASGARD B platform's field measurement and time domain numerical simulations, Master's Thesis, Chalmers University of Technology, Sweden.
- Clauss G.F. and Schmittner C.E. and Stutz K. (2002), Time-domain Investigation of a Semi-Submersible in rogue waves, Proceedings of OMAE'02 21st International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, Oslo, Norway.



Investigation of the Effects of the Geometric Characteristics of the Semi-submersible Platform Pantone Columns and Motor Responses in Vertical Planes

M. Mirzaie, H. Golpour, M. Shafieefar

Abstract

Semi-submersible or semi-submersible offshore platforms are among those commonly used in the oil and gas industry. Today, for some technical and economic reasons, relevant processes and methods of analysis, design and implementation are evolving quickly and carefully. Generally speaking, submersible platforms are, in comparison to fixed platforms, more affected by marine forces. One of the initial steps in the design process of floating structures is analyzing the motional behavior of the platform in response to environmental factors. Design is successful when good engineering judgment in the selection of parameters and geometric characteristics leads to optimizing the responses; in such a manner that platform has the lowest dynamic response to hydrodynamics stimuli from the environment. This requires a good understanding of the load caused by environmental conditions, especially the wave and its interaction with the geometry of the structure. This paper examines some important geometric parameters of columns and semi-submersible platform Pantone and their effects on motor responses in vertical planes in order to achieve sensitivity to structural response characteristics such as size.

Keywords:

Semisubmersible, semi-submersible offshore platforms, environmental factors, vertical planes