

شبیه سازی ارتعاش پایه جاکت سکوی نفتی تحت نیروی موج در شرایط مختلف اتصال به کف دریا

سید ساعد رضوانی^۱، مهدی سعیدکیاست^۲، شهرروز معصومی^۳

s_rezvani@aut.ac.ir

۱- دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۲- استادیار دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۳- مربی، دانشگاه علوم دریایی امام خمینی(ره) نوشهر

چکیده

پایه های جاکت سکوهای نفتی همواره تحت اثر نیروی موج آب قرار میگیرند. یکی از اثرات این امواج بر روی این پایه ها، پدیده تشدید است که باعث می شود، جاکت تغییر شکل داده و دچار فروپاشی گردد. زیرا همانطور که می دانیم در صورتیکه فرکانس سازه و فرکانس نیروی اعمال شده به آن، یکسان باشد، پدیده تشدید رخ خواهد داد. به منظور جلوگیری از این پدیده می توان تغییراتی در سازه بوجود آورد تا فرکانس آن از فرکانس تحریک نیروی سیال متفاوت باشد. در این مقاله با تغییر شرایط مرزی پایه های جاکت متصل به بستر کف دریا، نشان داده می شود که تحت کدام شرط مرزی فرکانس طبیعی سازه از فرکانس اجباری نیروی موج سیال بیشتر فاصله خواهد گرفت. و در نهایت این شرط مرزی به عنوان شرط مرزی مطلوب در پایه ها اعمال می شود.

واژگان کلیدی: تشدید، فرکانس طبیعی، ABAQUS، نیروی موج.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۳/۰۹/۱۹

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۴/۰۳/۱۵

۱- مقدمه

در علم مهندسی بسیاری از اجزاء ماشینها و سازه ها تحت بارهای دینامیکی قرار می گیرند. بار دینامیکی ممکن است توسط حرکت وسیله، نا متعادل بودن وسیله، اعمال فشار آکوستیکی در آب و... بوجود آید که این بارهای دینامیکی باعث ارتعاش سازه می شوند.

در ارتعاشات حرکت های نوسانی اجسام و نیروهای وابسته به آنها بررسی می شوند. تمام اجسامی که جرم و کشسانی دارند می توانند نوسان کنند. از این رو، اغلب ماشینها و سازه های صنعتی تا اندازه ای ارتعاش می کنند، و در طراحی، معمولاً باید رفتار نوسانی آنها در نظر گرفته شود.

سیستم های نوسانی را به دو دسته پیوسته خطی و غیر خطی می توان تقسیم بندی کرد. در سیستم های خطی، اصل ترکیب صادق است، و روشهای ریاضی موجود برای بررسی آنها خیلی پیشرفته هستند. در مقابل، روش های تحلیل سیستم های غیر خطی کمتر شناخته شده اند، و کاربرد آنها مشکل است. ولی، از سیستم های غیر خطی باید تا اندازه ای اطلاع داشت، زیرا تمام سیستم ها با افزایش دامنه نوسان تمایل به غیر خطی شدن دارند.

دو رده کلی برای ارتعاشات با عنوان آزاد و واداشته وجود دارد. ارتعاشات آزاد وقتی روی می دهد که یک سیستم تحت کنش نیروهای ذاتی خود نوسان کند، و نیروهای برانگیزش خارجی وجود نداشته باشند. سیستمی که ارتعاشات آزاد دارد با فرکانس های طبیعی خود نوسان می کند. این فرکانس ها خواص دینامیکی سیستم هستند که با توزیع جرم و سفتی آن تعیین می شوند.

ارتعاشاتی که تحت برانگیزش بارهای خارجی روی می دهد ارتعاشات واداشته نامیده می شود. وقتی برانگیزش نوسانی است، سیستم با فرکانس برانگیزش نوسان می کند. اگر فرکانس برانگیزش با یکی از فرکانس های طبیعی سیستم برابر شود، حالت تشدید روی می دهد، و ممکن است نوسانهای بزرگ و خطرناک به وجود آیند. شکست سازه های بزرگی مانند پل ها، ساختمانها، یا بال هواپیماها از جمله حوادثی است که می تواند بر اثر تشدید روی دهد. از این رو، محاسبه فرکانس های طبیعی در مطالعات ارتعاشات بسیار مهم است.

سیستم های نوسانی تا اندازه ای تحت میرایی قرار دارند زیرا انرژی بر اثر اصطکاک و مقاومتهای دیگر تلف می شود. اگر

میرایی کوچک باشد، تأثیر بسیار کمی بر فرکانس های طبیعی سیستم دارد، و از این رو در محاسبه فرکانس های طبیعی معمولاً میرایی در نظر گرفته نمی شود. از طرف دیگر، میرایی در محدود کردن دامنه نوسان در حالت تشدید اهمیت زیادی دارد.

تعداد حداقل مختصات مستقل لازم برای توصیف حرکت یک سیستم، درجات آزادی سیستم نامیده می شود.

از این رو یک ذره آزاد که در فضا حرکت دارد سه درجه آزادی دارد، و جسم صلب شش درجه آزادی دارد، یعنی، سه مؤلفه مکانی و سه مؤلفه زاویه ای که وضعیت آن را مشخص می کنند.

به علاوه، برای توصیف حرکت یک جسم کشسان پیوسته تعداد نامحدودی مختصات (سه تا برای هر نقطه جسم) مورد نیاز است، از این رو، درجات آزادی آن باید نامحدود باشد. ولی در اغلب حالتها، قسمت هایی از چنین اجسامی را می توان صلب در نظر گرفت، و سیستم را به طور دینامیکی هم ارز با سیستمی دانست که درجات آزادی آن نامحدود است. در حقیقت، تعداد بسیار زیادی از مسائل ارتعاشات را می توان با دقت کافی به یک سیستم، که دارای درجات آزادی اندکی است، تبدیل کرد.

روبینسون و پالمرا [۱]، تحلیل مودال یک ورق مستطیلی معلق بر سیال را انجام داده اند، آنها پاسخ را برای یک بار نقطه ای هارمونیک بدست آورده اند، ولی تحلیل آنها برای تعداد محدودی فرکانس های اولیه قابل استناد است. کواک [۲]، ارتعاشات آزاد ورق مستطیلی معلق بر سیال نامحدود را مورد بررسی قرار داد. اساس تحلیل یاد شده بر مبنای روش ریلی- ریتز و تابع گرین است. هادادارا و کاو [۳]، یک بسط تقریبی برای تحلیل مودال ورق مستطیلی یک سمت گیردار، که به طور افقی داخل سیال غوطه وراست را به صورت تجربی و تحلیلی بدست آوردند. همچنین آنها اثرات شرایط مرزی و عمق غوطه وری را مورد مطالعه قرار دادند. ژاو و چانگ [۴]، ارتعاشات ورق مستطیلی که در یک سمت با سیال در تماس است را با بکارگیری روش ریلی- ریتز مورد بررسی قرار دادند که ورق داخل یک مخزن نیمه بی نهایت صلب قرار دارد. لیانگ و همکاران [۵]، یک روش ساده جهت بدست آوردن فرکانس طبیعی و شکل مود ورق غوطه وری یک سمت گیردار بر مبنای فرمولهای روش تجربی پیشنهاد کردند. یادپیکین و

مانند تحلیل در محل، تحلیل شکست، تحلیل دینامیکی، تحلیل ارتعاشی، تحلیل بار خارجی، حمل و نقل، بالا بردن و لانچینگ سیستم که با بزرگ شدن سایز، وزن و ابعاد جاکت، از یک تکنیک لانچینگ ویژه برای نصب جاکت استفاده می‌شود. در این مقاله به تحلیل ارتعاشی پایه نوعی سکوی نفتی پرداخته می‌شود. و از منظر شرایط مرزی مطلوب بر اساس فرکانس ایجاد شده در پایه جاکت، به بررسی آنالیز ارتعاشی آن پرداخته می‌شود.

۲- حالت کلی ارتعاش سازه در سیال

مقطعی دو بعدی را در نظر می‌گیریم که در سیال ساکن ارتعاش می‌کند. فرض می‌کنیم سازه با دامنه X و فرکانس دایروی ω ارتعاش می‌کند در این صورت خواهیم داشت:

$$X = X_0 \sin \omega t \quad (1)$$

بر این اساس سرعت و شتاب سازه به صورت زیر خواهد بود

$$\dot{X} = X_0 \omega \cos \omega t \quad (2)$$

$$\ddot{X} = -X_0 \omega^2 \sin \omega t \quad (3)$$

نقاط بالای X نشان دهنده مشتق بر حسب زمان می‌باشد. نیروی سیال را می‌توان به صورت سری مثلثاتی زیر بیان کرد

$$F = \sum_{i=1}^N (b_i \cos i \omega t + a_i \sin i \omega t) \quad (4)$$

در اینجا a_i, b_i ثابتهایی می‌باشند که مربوط به دامنه ارتعاش می‌باشند. اگر از هارمونیکهای بزرگتر در نیروی سیال صرف نظر شوند در آن صورت خواهیم داشت:

$$F = a_1 \sin \omega t + b_1 \cos \omega t \quad (5)$$

با مقایسه این معادله و معادلات (۲) و (۳) دیده می‌شود که اجزای نیرو با ضریب b_1 در فاز سرعت و اجزای نیرو با ضریب a_1 در فاز شتاب و جابجایی سازه اعمال می‌شوند. از این رو معادله (۵) را می‌توان متناسب با معادلات (۲) و (۳) به صورت زیر نوشت.

$$F = -A_{XX} \ddot{X} - B_{XX} \dot{X} \quad (6)$$

در اینجا

$$A_{XX} = \frac{a_1}{X_0 \omega^2}, \quad B_{XX} = -\frac{b_1}{X_0 \omega}$$

همکاران [۶]، یک ورق مستطیلی غوطه ور در سیال با نسبت اضلاع مختلف را مورد تحلیل قرار دادند. ورق مورد تحلیل به صورت یک طرف گیردار و سمتهای دیگر آزاد بود. جیانگ و همکاران [۷]، یک روش تحلیلی جهت برآورد فرکانسهای دو ورق مشخص کویله با سیال محدود، ارائه کردند. آنها برای تحلیل از توابع پذیرفتنی چند جمله ای استفاده کرده و با بسط پتانسیل سرعت سیال، شرایط مرزی سیال را با بسط سری فوریه محدود ارضا نمودند. ارگین و گارلو [۸]، ورقهای یک سمت گیردار غوطه ور در سیال را مورد بررسی قرار دادند و اثر طول به عرض را مطالعه کردند. زاو و لیو [۹]، یک روش تئوری سه بعدی جهت تحلیل دینامیکی یک مخزن مستطیلی انعطاف پذیر که مقطعی از سیال پر شده است را با استفاده از ترکیب روشهای ریلی - ریتز و گلرکین ارائه کردند.

نرم افزار ABAQUS نسبت به سایر نرم افزارهای اجزا محدود مشابه در داشتن رویه های حل Explicit و Implicit، دارا بودن رفتاری پیشرفته و متنوع برای مواد مختلف (فلزات، لاستیک، بتن، خاک، سنگ، سیالات، و...)، امکان ایجاد سریع مدل‌های پیچیده و ... است. این قابلیت‌ها باعث گسترش کاربرد این نرم افزار رشته های مهندسی مکانیک، عمران و مواد شده است.

در قسمت Verification که یکی از بخشهای Help آباکوس است به ارائه تعداد زیادی مسئله حل شده در زمینه های متعدد و مقایسه این مسائل با تئوریهای موجود پرداخته شده است. از جمله مسائل ارائه شده در این قسمت می‌توان به مسائل آکوستیکی فراوانی اشاره کرد که صحت عملکرد نرم افزار را در حوزه مسائل آکوستیکی نشان می‌دهد. سکوها معمولاً برای اهداف خاصی شامل حفاری های فراساحلی و یا در آبهای کم عمق به کار می‌روند. ساختارهای جاکت، در آبهای کم عمق به کار می‌روند. جاکت یک ساختار حمایتی برای تجهیزات روی عرشه است که توسط ستونهایی در بستر دریا ساکن و ثابت می‌شوند. سایز جاکت به سایز عرشه، ابعاد ستونها و بارهای محیطی بستگی دارد. در طراحی یک جاکت، بارهای محیطی و عملیاتی از اهمیت بالایی برخوردار هستند و باید به طور دقیق به منظور حفظ امنیت ثبات و پایداری ساختار در طول عملکرد آن و نیز مراحل نصب، بررسی شود. به منظور تأیید پایداری، چندین تحلیل و بررسی باید صورت بگیرد

جرم افزوده به صورت تست آزمایشگاهی و یا نتایج تئوری محاسبه می شود. نتایج آزمایشگاهی به طور کلی نشان می دهند که جرم افزوده تابعی از عوامل زیر است:

۱- ابعاد صفحه و اثرات سطح آزاد سیال ۲- دامنه و جهت ارتعاش ۳- عدد رینولدز، که به صورت زیر نشان داده شده است:

$$A_{still\ fluid} = \rho F_e(\text{geometry}, \frac{X_0}{D}, \frac{fD^2}{\nu}) \quad (9)$$

در اینجا ρ چگالی سیال، X_0 دامنه ارتعاش، D قطر مشخصه، f فرکانس ارتعاشی و ν لزجت سینماتیکی سیال می باشند.

به طور مشابه جرم افزوده سازه در سیال متحرک تابعی از ۱- ابعاد سازه و سطح آزاد ۲- دامنه و جهت سیال محرک ۳- ماکزیمم عدد رینولدز سیال در طول ارتعاش می باشد که به صورت زیر نشان داده شده است:

$$A_{oscillating\ fluid} = \rho F_e(\text{geometry}, \frac{U_0}{fD}, \frac{U_0 D}{\nu}) \quad (10)$$

در اینجا U_0 دامنه سرعت سیال است. می توان نشان داد که جرم افزوده بر خلاف درگ و دمپینگ سیال می تواند در سیال تراکم ناپذیر، غیر لزج و غیر چرخشی بوجود آید ($\rho = \text{const}$, $\nu = 0$). جرم افزوده اگر بر اساس پتانسیل جریان بیان شود آنگاه تنها تابع ابعاد است که به صورت زیر بیان می شود:

$$A_{potential\ flow} = \rho F(\text{geometry}) \quad (11)$$

با مقایسه نتایج تست و تئوری، روش پتانسیل جریان تنها حدود 10% با نتایج تست اختلاف دارد و این زمانی است که عدد ماخ کوچک، دامنه ارتعاش در مقایسه با قطر مشخصه سازه کوچک و عدد رینولدز بزرگ باشد که به صورت زیر نشان داده شده اند:

$$\frac{X_0(2\pi f)}{c} \ll 1$$

$$\frac{X_0}{D} < 1$$

$$\frac{2\pi f D^2}{\nu} > 10000$$

c سرعت صوت در سیال است. به طور مشابه پتانسیل جریان تقریب خوبی را برای جرم افزوده سازه در سیال متحرک ارائه می دهد که تحت شرایط زیر می توان از آن استفاده کرد [۱۰]:

ضریب A_{xx} جرم افزوده نامیده می شود. A_{xx} در واحد طول است. $A_{xx} \ddot{X}$ - نیروی اعمالی سیال روی سازه است که به دلیل حرکت سازه بوجود می آید.

برای مثال حرکت جرم - فنر را در سیال ساکن در نظر می گیریم در این صورت داریم:

$$M\ddot{X} + C\dot{X} + KX = F \quad (7)$$

در اینجا M جرم، C دمپینگ، K ثابت فنریت سازه، F نیروی سیال و X جابجایی سازه از حالت تعادل می باشند. حال می توان معادله (7) را به صورت زیر نوشت:

$$M\ddot{X} + C\dot{X} + KX = -A_{xx}\ddot{X} - B_{xx}\dot{X} \quad (8)$$

که می توان آن را به صورت زیر نوشت

$$(M + A_{xx})\ddot{X} + (C + B_{xx})\dot{X} + KX = 0$$

در اینجا معادله ارتعاشی با اثرات جرم $M + A_{xx}$ و دمپینگ $C + B_{xx}$ مؤثر نشان داده شده اند. از این رو اثر اولیه سیال اطراف سازه را می توان به صورت افزایش جرم و دمپینگ سازه بیان کرد. همانطور که سازه دچار شتاب می شود سیال اطراف آن نیز دچار شتاب می شود. اینرسی سیال محرک جرم افزوده است. به طور مشابه ممان اینرسی جرم افزوده، ممان اینرسی سیال محرک اطراف سازه است که حول نقطه ثابت شتاب می گیرد. جرم افزوده و ممان اینرسی جرم افزوده اثرات جرم و ممان اینرسی سازه را افزایش می دهند. جرم افزوده همواره مقدار فرکانس سازه را از مقدار آن در خلأ کمتر می کند. اهمیت جرم افزوده در آنالیز دینامیکی سازه ها می تواند با نسبت بین چگالی سیال و چگالی متوسط سازه تخمین زده شود. اگر چگالی سازه نسبت به چگالی سیال اطراف بسیار بزرگتر باشد آنگاه اثرات جرم افزوده در نظر گرفته نمی شود.

برای مثال چگالی متوسط ساختمان بزرگ تقریباً 160 kg/m^3 و چگالی هوای اطراف در حدود $1/2\text{ kg/m}^3$ است از این رو چگالی هوای اطراف بسیار پایین می باشد از این رو از اثرات جرم افزوده هوا در آنالیز دینامیکی ساختمان صرف نظر می شود.

در صورتی که چگالی آب 1000 kg/m^3 است و قابل مقایسه با چگالی سازه های دریایی مانند کشتی ها، زیر در دریایی ها، لوله های انتقال سیال و است، از این رو جرم افزوده در آنالیز سازه های دریایی نقش مهمی را ایفا می کند.

جاکت‌ها دارای انواع مختلفی می‌باشند که از لحاظ شکل ظاهری مشابه می‌باشند ولی تفاوت آنها در ابعاد و ضخامت لوله‌ها و همچنین حداکثر ارتفاع فرو روی آنها در آب است. ضخامت لوله‌ها معمولاً بین ۰/۰۱ تا ۰/۰۲۵ متر و جنس آنها در استاندارد ASTM، فولاد A-36 است. مدل انتخاب شده جاکت در این مقاله به صورت شکل زیر است [۱۲].

به منظور آنالیز عددی همانطور که بیان شد از نرم افزار ABAQUS استفاده شده است. به منظور مدل سازی سکو از المانهای تیر و به منظور مدلسازی سیال آب اطراف آن از المانهای حجمی در نرم افزار CATIA [۱۳] استفاده می‌گردد. پس از مدلسازی سازه و سیال، آنها را وارد محیط نرم افزار ABAQUS می‌کنیم و مشخصات جنس سیال و سکو را به صورت زیر به آنها اختصاص می‌دهیم (ابعاد بر حسب متر).

مشخصات جنس سکو:

$$E = 210 \times 10^9 \text{ pa} \quad \nu = 0/3 \quad \rho = 7800 \text{ kg/m}^3$$

که در اینجا ρ چگالی، ν ضریب پواسون و E مدول الاستیسیته می‌باشند. قطر داخلی لوله‌ها ۱۶/۰۱ و ضخامت آنها ۱۳/۰ متر است.

مشخصات جنس سیال:

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3 \quad B = 2/7 \times 10^9$$

که در اینجا B مدول بالک و ρ چگالی سیال می‌باشند. عمق سیال ۲۰ متر فرض شده است.

پس از اختصاص مشخصات جنس به سکو و سیال، سازه را وارد محیط سیال کرده و تقابل صحیح سازه و سیال را برقرار می‌کنیم. به منظور شبکه بندی سیال از المان حجمی آکوستیک و برای شبکه بندی سازه از المان تیر استفاده شده است. نوع تحلیل خواسته شده از نرم افزار به منظور محاسبه فرکانسهای طبیعی، آنالیز فرکانس طبیعی است. شرایط مرزی اعمال شده در پایه های سازه به بستر کف دریا، شامل دو حالت جوش داده شده و استفاده از ایزولاتورها است. تداخل سازه - سیال و شبکه بندی آنها را می‌توان در شکل ۳ مشاهده نمود. وزن سکو ۲۴۴۵۷۵ کیلوگرم (۲۴۴/۵۷۵ تن) است.

$$\frac{U_0}{c} \ll 1$$

$$\frac{U_0}{fD} \ll 2\pi$$

$$\frac{U_0 D}{\nu} > 10000$$

۳- مدل سازی و تحلیل

در این مقاله با فرض اینکه سیال با سرعت $U(t) = 4 \sin 0/1t$ به جاکت برخورد می‌کند و باعث ارتعاش آن می‌شود، با اعمال شرایط مرزی مختلف سعی می‌شود تا فرکانس سازه از فرکانس نیروی اعمال شده فاصله بیشتری داشته باشد. نیروی اعمال شده به سکو رابطه مستقیم با سرعت و شتاب آن دارد که به صورت زیر معادلات آن بیان می‌شود [۱۱]:

$$F_T = F_D + F_I \quad (12)$$

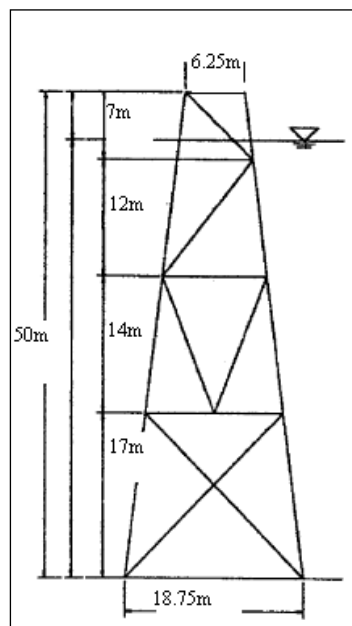
F_T نیروی کل، F_D نیروی درگ ناشی از جریان دائم و F_I نیروی اینرسی ناشی از جریان غیردائم است.

$$dF_D = C_D \times \rho \times \frac{A \times U^2(t)}{2} \quad (13)$$

معادله بالا نشان دهنده نیروی درگ در واحد طول سازه است.

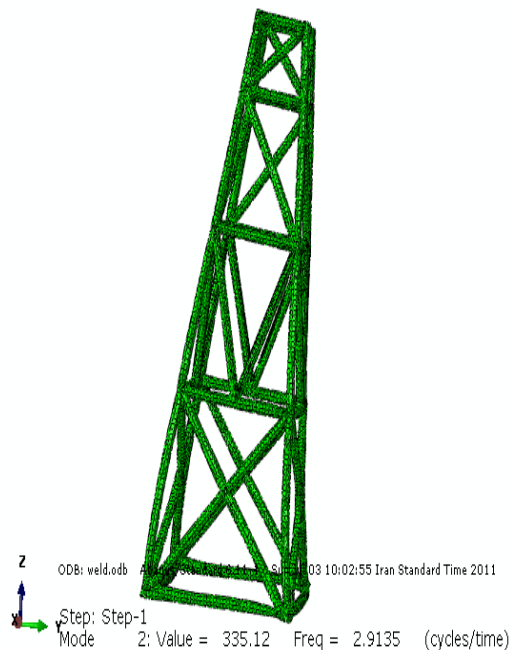
$$dF_I = C_M \times \rho \times V \times \frac{dU}{dt} \quad (14)$$

معادله بالا نشان دهنده نیروی اینرسی در واحد طول سازه است. V حجم استوانه در واحد طول می‌باشد.

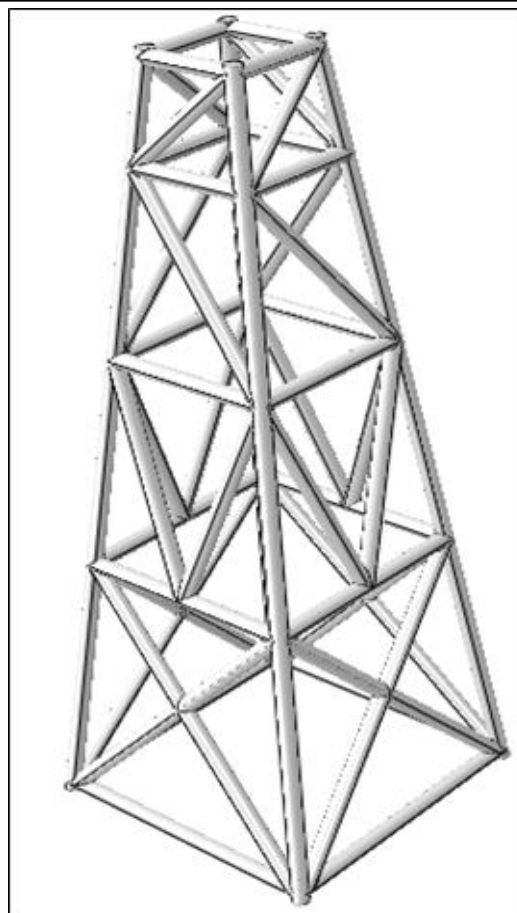


شکل (۱) مشخصات ابعادی جاکت مورد بررسی.

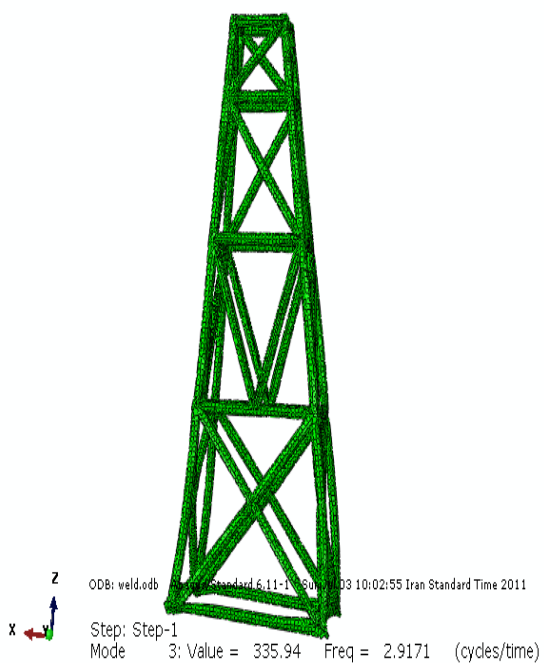
۴- آنالیز سکو با شرایط مرزی جوش در پایه ها
در این قسمت شرایط مرزی جوش در پایه ها اعمال
می شود.



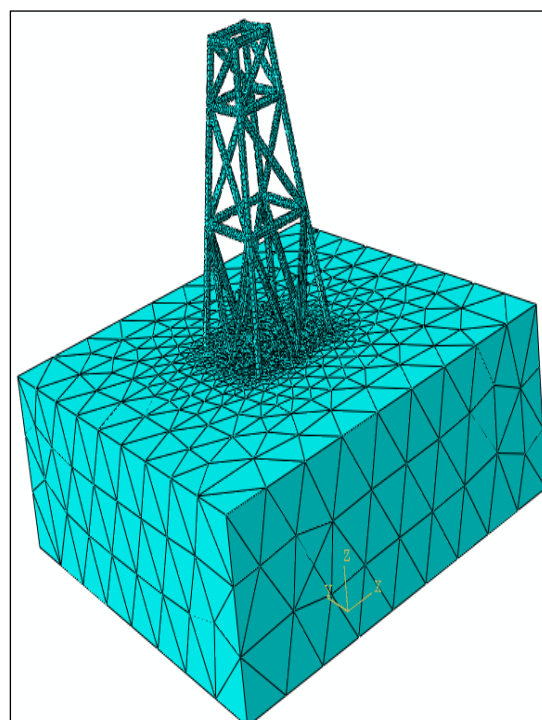
Deformed Var: U Deformation Scale Factor: +4.413e+05
شکل (۴) مود اول با فرکانس ۲/۹۱ هرتز.



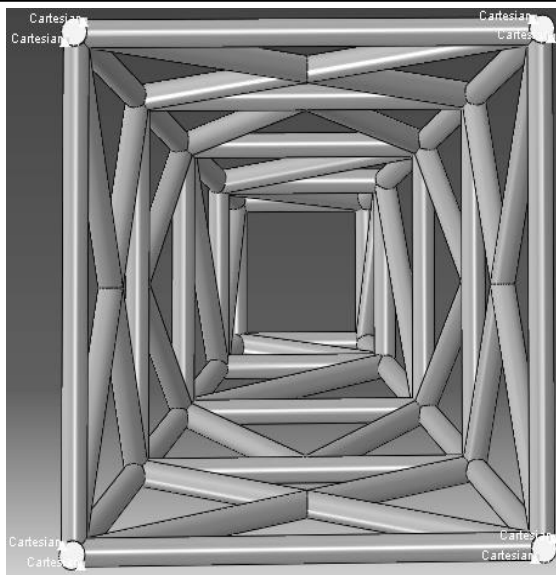
شکل (۲) سکوی مدل شده.



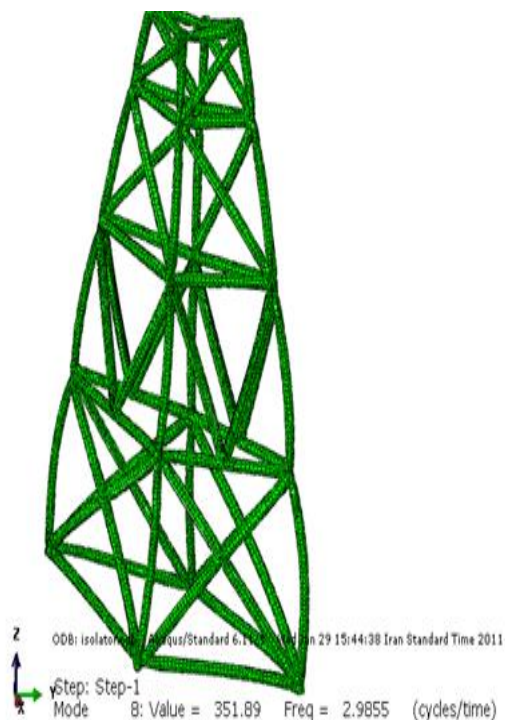
Deformed Var: U Deformation Scale Factor: +4.888e+05
شکل (۵) شکل مود دوم با فرکانس ۲/۹۱ هرتز.



شکل (۳) شبکه بندی سکو و سیال.



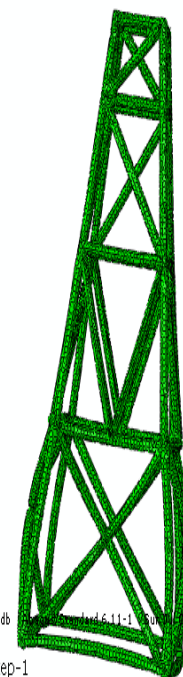
شکل (۸) نمایش ایزولاتورها در پایه ها.



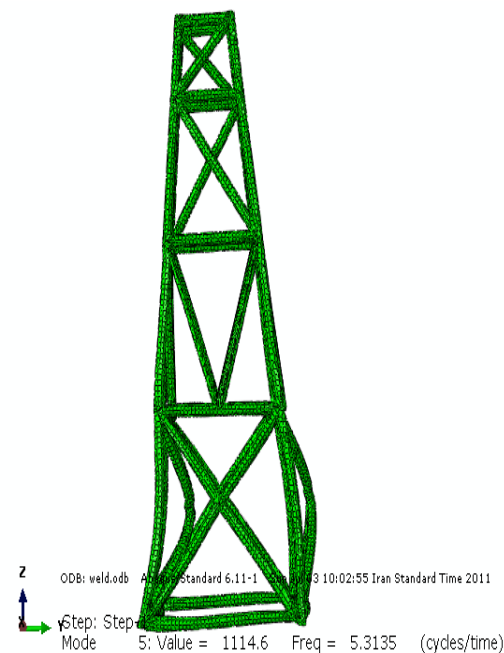
شکل (۹) شکل مود اول با فرکانس ۲/۹۸ هرتز.

۶- نتیجه گیری

با مشاهده نتایج در جدول ۱ می‌توان نتیجه گرفت که فرکانس سازه در شرایط مرزی اتصال با ایزولاتور، بیشتر از حالتی است که پایه ها با استفاده از جوش به کف بستر دریا متصل شده اند.



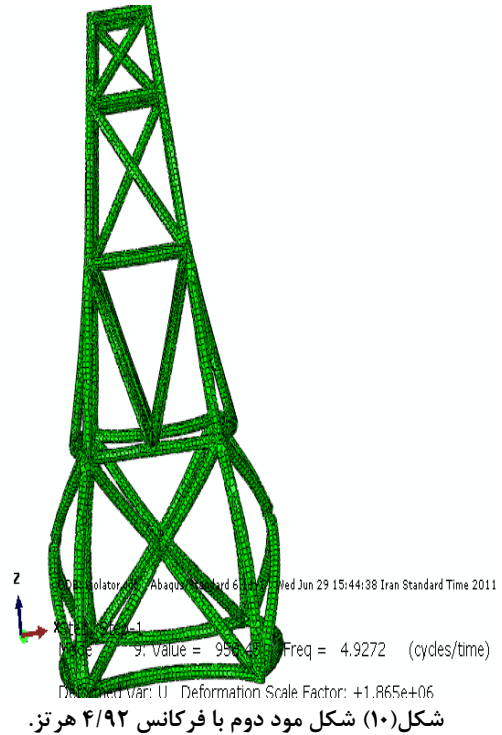
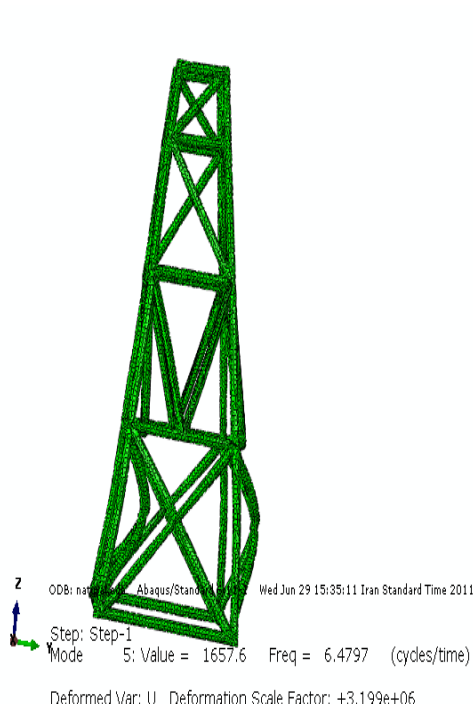
شکل (۶) مود سوم با فرکانس ۵/۲۴ هرتز.



شکل (۷) شکل مود چهارم با فرکانس ۵/۳۱ هرتز.

۵- آنالیز سکو با قرار دادن ایزولاتورها در پایه ها

در این قسمت ۸ ایزولاتور با سختی $5 \times 10^6 \text{ n/m}$ انتخاب می‌شود که در زیر ۴ پایه به صورت شکل زیر قرار می‌گیرند:



شکل (۱۰) شکل مود دوم با فرکانس ۴/۹۲ هر تـز.

شکل (۱۲) شکل مود چهارم با فرکانس ۶/۴۷ هر تـز.

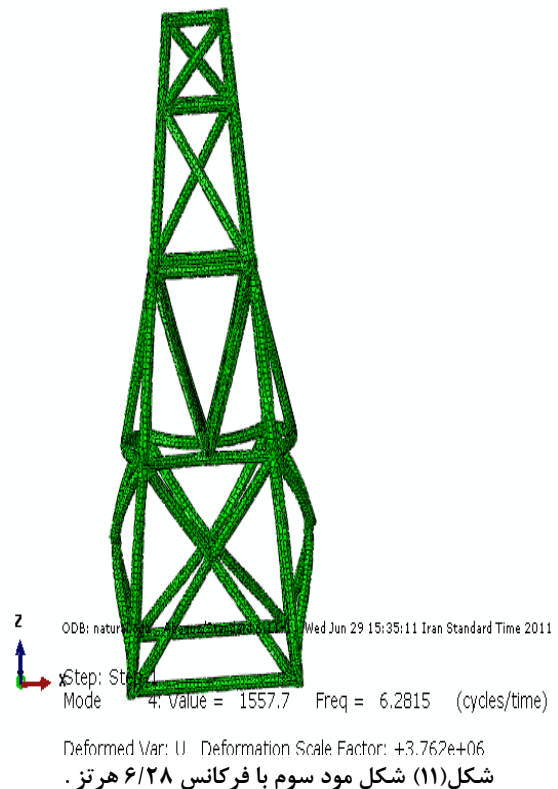
جدول (۱) فرکانس‌ها تحت شرایط مرزی مختلف.

	فرکانس اول (HZ)	فرکانس دوم (HZ)	فرکانس سوم (HZ)	فرکانس چهارم (HZ)
شرایط مرزی با جوش	۲/۹۱	۲/۹۱	۵/۲۴	۵/۳۱
شرایط مرزی با ایزولاتور	۲/۹۸	۴/۹۲	۶/۲۸	۶/۴۷

لذا با استفاده از نتایج بدست آمده می‌توان بیان نمود که شرایط مرزی در حالت استفاده از ایزولاتور، به دلیل بوجود نیامدن پدیده تشدید، شرایط مرزی مطلوب می‌باشند. لازم به ذکر است که در خصوص تأیید نتایج بدست آمده توسط نرم افزار، در مرجع [۱۵] یک نمونه صفحه تقویت شده به صورت آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفته و نتایج تجربی و تحلیلی با نتایج شبیه سازی نرم افزار ABAQUS تطابق بسیار خوبی را نشان داده اند.

در این مقاله این موضوع مشاهده شده است که وقتی سازه فراساحل به داخل سیال منتقل می‌شود، یکی از راهکارهایی که می‌تواند به جلوگیری از پدیده تشدید کمک کند استفاده از شرایط مرزی مطلوب است.

اهمیت انتخاب شرایط مرزی مطلوب از دیدگاه پدیده خطرناک تشدید مشخص شده است و نشان داده شد که



شکل (۱۱) شکل مود سوم با فرکانس ۶/۲۸ هر تـز .

فرکانسهای طبیعی در حالت اتصال با استفاده از ایزولاتور نسبت به حالت اتصال با جوش، دارای فاصله بیشتری با فرکانس اجباری نیروی موج که دارای مقدار ۰/۱ هر تـز می‌باشند.

[۱۱] عطایی آشتیانی، بهزاد، بهشتی، علی اصغر، "مکانیک امواج آب"، انتشارات جهاد دانشگاهی صنعتی امیرکبیر، ویرایش اول، چاپ اول، ۱۳۸۶.

[12] C.H. Jo, K.S. Kim, S.H. Lee, "Parametric Study on Offshore Jacket Launching", Department of Naval Architecture and Ocean Engineering", Inha University, Inchon 40-751, South Korea, 2001

[13] CATIA V5 R19 Documentation.

[14] ABAQUS 6.8 Documentation.

[۱۵] رضوانی، سید ساعد، فاضلی، حمید، "مقایسه حل عددی، تحلیلی و تجربی فرکانس طبیعی صفحه تقویت شده مغروق در سیال"، دوازدهمین همایش صنایع دریایی، زیباکنار، ۱۳۸۹.

توسط شبیه سازی ارائه شده می توان فرکانسهای سکوه های نفتی مغروق در سیال را تحت شرایط مرزی مختلف برای جلوگیری از پدیده تشدید بررسی کرد. به این منظور می بایست شرایط سیال اطراف سکو بررسی گردد و با داشتن اطلاعات دقیق آماری سرعت و نیروی سیال، به محاسبه فرکانسهای طبیعی سازه پرداخته شود. و در نهایت، شرایط مرزی مطلوب است که فرکانس سازه را از فرکانس نیروی سیال (فرکانس تحریک) دور کند تا سازه تحت ارتعاش اجباری سیال مقاوم باشد و دچار تشدید نگردد.

۷- مراجع

- [1] Robinson N.J., palmer S.C, "A modal analysis of rectangular plate floating on an incompressible liquid", journal of sound and vibration, Vol. 142, No.3, pp. 435-460, 1990.
- [2] Kwak M.K. " Hydroelastic Vibration of Rectangular Plate" Transaction of the American Society of Mechanical Engineering, Journal of Applied Mechanics, Vol.63, No.1, pp.110-115,1996.
- [3] Haddara M.R., Cao S., "A Study of the Dynamic Response of Submerged Rectangular Plate Plates", Marine Structure, Vol.9, No.10, PP.913-933, 1996
- [4] Zhou D., Cheung Y.K., "Vibration of Vertical Rectangular Plate in Contact with Water on one Side", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol.29, No.5, pp.693-710, 2000.
- [5] Liang C.C, Liao C.C, Tai Y.S., Lai W.H., "The Free Vibration Analysis of Submerged Cantilever Plates, Ocean Engineering, Vol.28, No.9, pp.1225-1245, 2001.
- [6] Yadykin Y., Tenetov V., Levin D., "The added mass of a flexible plate oscillating in a fluid", Journal of Fluid and Structures, Vol.17, No.1, pp.115-123, 2003.
- [7] Jeong K.H., Yoo G.H., Lee S.C., "Hydroelastic Vibration of two Identical Rectangular Plates", Journal of Sound and Vibration, Vol.272, No.3-5, pp.539-555, 2003.
- [8] Ergin A., Ugurlu B., "Linear Vibration Analysis of Cantilever Plates Partially Submerged in Fluid", Journal of Fluid and Structures, Vol. 17, No. 7, pp. 927-939, 2003.
- [9] Zhou D., Liu W., "Hydroelastic Vibration of Flexible Rectangular Tanks Partially with Liquid, "International Journal for Numerical Method in Engineering, Vol.71, No.2, pp.149-174, 2007.
- [10] Robert D., Blevins, P, "Formulas for natural Frequency and Mode Shape" Van Nostrandreinhold Company Report, 1979.