

## بررسی اندرکنش سیال و سازه بر بدنه سکوی نیمه مستغرق دریایی تحت اثر امواج منظم دریا

شهریار شمشکی<sup>۱</sup>، مرتضی بختیاری<sup>۱\*</sup>، مسعود صدری نسب<sup>۲</sup>

۱. دانشکده مهندسی دریا دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

۲. دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۷/۰۵

شناسه دیجیتال (DOI): [10.22113/jmst.2018.99592.2053](https://doi.org/10.22113/jmst.2018.99592.2053)

### چکیده

با پیشرفت روزافزون تکنولوژی و گسترش نیاز بشر به استفاده از بسترهای آبی همچون: دریاها، اقیانوس‌ها، شناخت و بررسی روش‌ها و راهکارهای طراحی و پیاده‌سازی سازه‌های دریایی را بیش از پیش روشن می‌سازد سکوی نیمه مستغرق دریایی یکی از انواع سکوهایی دریایی بوده که با توجه به ویژگی‌های این سکو عمدتاً برای استخراج از منابع نفت و گاز در آب عمیق مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این تحقیق یک سکوی نیمه مستغرق تحت شرایط عملیاتی با استفاده از نرم افزار المان محدود انسیس تحت امواج منظم مدلسازی عددی شده است. هندسه سکوی مدل شده مربوط به سکوی ساخته شده در سال ۲۰۱۲ بوده و داده‌های مورد استفاده در تحقیق حاضر اطلاعات مربوط به میانگین امواج ۲۰ ساله دریای خزر بوده است و برای اعمال امواج منظم از تئوری موج ایری استفاده شده است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد در بارگذاری امواج منظم دو پارامتر پرپود موج و زاویه انتشار موج عامل تعیین کننده در میزان جابه‌جایی و دوران سکو و همچنین نیروی تفرق حاصله از برخورد موج با سکو بوده است. همچنین بررسی نتایج نشان می‌دهد در زاویه برخورد ۹۰ درجه موج با سکو، وضعیت حرکت در ۲ درجه آزادی  $Z, Ry$  نزدیک به صفر بوده و بیشترین مقادیر دوران حول محور  $X$  بوده است.

**واژگان کلیدی:** سکوی نیمه مستغرق، امواج منظم، تئوری امواج ایری، نرم افزار انسیس، اندرکنش سیال و سازه

\* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: mortezabakhtiari@yahoo.com

## ۱. مقدمه

و میزان عملکرد پانتون به دست آمده است، نتایج حاصل از این پژوهش معرف معیارهای اساسی جهت طراحی پانتون سکوه‌های نیمه شناور بوده است.

Selnes Patricksson (2013)، بر روی بررسی سکوه‌های دریایی در مواجهه با شرایط نامعین عملیاتی تحقیقاتی انجام داد، از آنجا که در شرایط دریایی مختلف سکوه‌های نیمه مستغرق ممکن است با شرایطی از پیش تعیین نشده روبه‌رو شوند نیاز به مطالعه و بررسی بر روی این موضوع احساس می‌شود. این مطالعه به بررسی پارامترهای ایجاد کننده شرایط نامعینی و همچنین عملکرد سکو در این شرایط می‌پردازد و معیارهایی را برای بررسی این شرایط مطرح می‌کند. این پژوهش بخشی از تز دکترای وی بوده است که نتیجه کار وی را می‌توان به عنوان معیاری برای تعیین میزان ضرایب اطمینان طراحی به کار برد.

Hadi Sabziyan et al (2014)، بررسی بر روی آثار لنگر اندازی نیمه مستغرق‌ها بر روی حرکت‌های surge, sway انجام دادند، این پژوهش که بر روی مدل سکوی نیمه مستغرق امیرکبیر صورت گرفته بود و به روش عددی و با استفاده از نرم افزار المان محدود مطالعه انجام شده است. نتایج حاصل از این تحقیق تعداد و موقعیت مناسب سیستم لنگر اندازی (مورینگ) را برای سکوی نیمه مستغرق نشان می‌دهد.

در تمام موارد بالا یا بایستی توضیح کافی ارائه شود که نتایج کار چه بوده و چه ارتباطی با تحقیق حاضر میتواند داشته باشد و یا اینکه کامل از متن مقاله حذف شود

در این پژوهش یک سکوی نیمه مستغرق دریایی تحت شرایط عملیاتی در آب عمیق، در نرم‌افزار Ansys مدل‌سازی شده و تحت امواج منظم قرار گرفته است، هدف کلی از انجام این پژوهش بررسی عملکرد سکوی نیمه مستغرق تحت شرایط مذکور و تعیین پارامترهای تعیین کننده در عملکرد سکو (بررسی میزان جابه‌جایی، دوران و میزان نیروی تفرق) می‌باشد.

سکوه‌های نیمه مستغرق دریایی جزء سازه‌های عظیم بوده که تحلیل و طراحی آن‌ها دارای پیچیدگی‌های خاصی می‌باشد. این سکوها جهت انجام عملیات در بسترهای آبی طراحی شده‌اند، به طوری که اندرکنش آب و سازه یکی از مسائل مهم مهندسی بوده که باید موارد مختلفی را در طراحی این چنین سازه‌هایی در نظر گرفت. تحلیل و طراحی این سکوها مستلزم آگاهی از عملکرد این سازه تحت شرایط مختلف بوده است. میزان جابه‌جایی و دوران‌های ایجاد شده و همچنین میزان نیروی حاصله از موج برخوردی با سکو به عنوان پارامترهای مهم در بررسی عملکرد سکو بوده است، که این مطالعه به بررسی این موارد می‌پردازد. Isaacson. در سال ۱۹۷۹ بر روی تئوری‌های مختلف محاسبه نیروی موج مطالعات گسترده‌ای را انجام داد، وی نموداری را ارائه کرد که بر اساس میزان عدد کولگان- کارپنتر پارامتر تفرق محدوده معتبر برای هر تئوری را نشان می‌دهد.

R.E Tayloret al (2003)، مطالعاتی بر روی نظریه تفرق و میزان توزیع موج تحت این نظریه بر روی اعضای استوانه‌ای انجام دادند، همانطور که در قسمت تئوری تحقیق ذکر گردید یکی از روش‌های اعمال نیروی موج بر سازه استفاده از تئوری تفرق بوده است، در این مطالعه که به صورت آزمایشگاهی صورت گرفت یک استوانه تحت امواج منظم قرار گرفته و میزان نیروی اعمای بر آن به دست آمده و با مقادیر به دست آمده از تئوری تفرق مورد مقایسه قرار گرفته است. که نتیجه کار آنها به عنوان معیارهایی برای بررسی نیروهای هیدرودینامیکی بر اساس تئوری تفرق ارائه شد.

Subrata Chakrabarti et al (2007)، مطالعاتی بر روی طراحی پانتون‌های خریایی سکوه‌های نیمه مستغرق انجام دادند. در این مطالعه که به صورت آزمایشگاهی صورت گرفت و نتایج آن با خروجی‌های نرم‌افزاری مورد مقایسه قرار گرفت، چندین مدل پانتون خریایی ساخته شده و اعمال بار بر روی آن صورت گرفته است

## ۲. مواد و روش تحقیق

نیمه مستغرق دریایی ۳ درجه آزادی قائل شد (Z,Rx,Ry).

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته بر روی سکوه‌های شناور، مقادیر پیروید ویژه آن‌ها در هریک از ۳ درجه آزادی مذکور در جدول شماره (۱) نمایش داده شده است:

جدول (۱): مقادیر پیروید ویژه سکوه‌های شناور

مقادیر ویژه			
انواع شناور	FPSO	TLP	Semi-Submersible
Surge	>۱۰۰	>۱۰۰	>۱۰۰
Sway	>۱۰۰	>۱۰۰	>۱۰۰
Heave	۵-۱۲	<۵	۲۰-۵۰
Roll	۵-۳۰	<۵	۳۰-۶۰
Pitch	۵-۱۲	<۵	۳۰-۶۰
Yaw	>۱۰۰	>۱۰۰	>۱۰۰

رینولدز، عدد  $Re = \frac{uD}{\nu}$   
کارپنتر، عدد کلوگان  $Kc = \frac{uT}{D}$   
: پارامتر تفرق  $\frac{D}{L}$

در سازه‌های حجیم، با توجه به اینکه پارامتر تفرق مقداری بزرگتر از ۰,۲ است، در نتیجه ابعاد سازه نسبت به طول موج و سایر پارامترهای موج مقدار قابل توجهی است، که در این حالت، نیروهای ویسکوز وارد بر سازه حجیم، در قیاس با نیروهای اینرسی مقدار کوچکی هستند. در حالت کلی هنگامی که مقدار نیروی ویسکوز وارد بر سازه کمتر از ۱۰٪ نیروی کل باشد، می‌توان از نیروی ویسکوزیته مگر در گوشه‌های تیز و نقاط جدایی صرف نظر نمود. با توجه به اینکه در سازه‌های حجیم، از نیروهای ویسکوز صرف نظر می‌گردد، در واقع سیال ایده آل یا غیر چرخشی در نظر گرفته می‌شود پس می‌توان معادله حاکم بر مسئله را به صورت معادله لاپلاس در نظر گرفت. نظریه موج ایری که با عناوینی همچون نظریه موج سینوسی و یا موج دامنه کوتاه مطرح می‌شود، ساده‌ترین و مفیدترین نظریه موج منظم است. در این تئوری فرض می‌شود موج شکل

سکوه‌های نیمه مستغرق با توجه به سیستم مورینگ و نیروهای محیطی تأثیرگذار در ۳ درجه آزادی X,Y,Rz تقریباً دارای تغییرات جزئی بوده که می‌توان از آنها صرف نظر نمود و برای یک سکوی

با توجه جدول (۱) شماره اعلام شود مشهود است که برای سه درجه آزادی (heave,roll,pitch) مقادیر پیروید ویژه سکوی نیمه مستغرق می‌تواند در بازه پیروید نیروی موج قرار گیرد که در این صورت پدیده تشدید رخ می‌دهد، که باید این موضوع در طراحی مورد توجه قرار گیرد. به طور کلی پارامترهای دخیل در نیروی وارد بر یک سازه دریایی، عبارتند از:

$$F = f(D, L, v, u_0, T, \rho, t) \quad (1)$$

که در این رابطه :: D قطر سازه، L طول موج، ویسکوزیته دینامیکی، سرعت اربیتال، پیروید موج،

دانشیته، زمان

در صورتی که از آنالیز و تشابه دینامیکی استفاده شود بهتر است از افعال اول شخص استفاده نشود، پارامترهای بی بعدی که در نیروی وارد بر یک سازه دریایی بر اثر برخورد سیال بدست می‌آید، به صورت زیر است:

$$(2)$$

$$\frac{F}{\rho u^2 D^2} = f' \left( \frac{t}{T}, \frac{uD}{v}, \frac{D}{L}, \frac{uT}{D} \right)$$

که در این رابطه:

همچنین میزان نیروی وارده بر سازه در ۳ درجه آزادی اصلی مورد بررسی قرار گرفته است. برای بررسی موج منظم از تئوری موج ایری استفاده شده است. در انتخاب مقادیر مختلف میزان پریودهای ویژه در ۳ درجه آزادی‌های مختلف مدنظر قرار گرفته است. بر اساس موارد مذکور امواجی با پریودهای ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ ثانیه را بر سازه اثر داده و سکو را مورد بررسی قرار می‌گیرد. از دیگر پارامترهای تأثیرگذار در عملکرد سکو زاویه و راستای برخورد موج با سازه است، با توجه به شکل سکو و با توجه به مقارن بودن شکل هندسی آن در ۳ راستای ۰ و ۴۵ و ۹۰ درجه موج با سکو برخورد کرده و عملکرد سکو مورد بررسی قرار می‌گیرد. به علت حجم بالای نتایج به دست آمده در این قسمت خروجی‌های پریود ۵ و ۲۰ ثانیه نشان داده شده است. با توجه به پریود ویژه سکوی نیمه مستغرق که پیرامون پریود ۲۰ ثانیه است، در  $T=20\text{ s}$  نتایج ارائه شده تا در مورد پدیده تشدید بحث و بررسی ارائه گردد. نمودارها و نتایج ارائه شده در بازه زمانی ۵۰ ثانیه بوده و در این مدت  $0 < t < 50\text{ s}$  عملکرد سکو مورد بررسی و میزان جابه‌جایی و نیروی تفرق اعمالی از سوی موج بر سکو مطالعه شده است. سیستم مختصات مورد استفاده در این تحقیق یک سیستم مختصات کارتزین دست راستی است که مبدأ آن در مرکز جرم سکو قرار دارد، در این سیستم مختصات محور Z رو به بالا بوده و سکوی نیمه مستغرق در صفحه XY با آب در تماس است. برای بررسی زاویه انتشار موج زاویه صفر درجه در راستای محور X و زاویه ۹۰ درجه در راستای محور Y در نظر گرفته شده است.

### ۳. نتایج

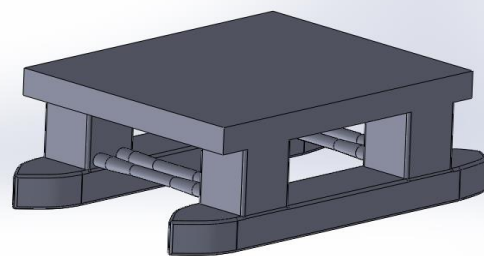
شکل ۲ تا ۴ میزان جابه‌جایی و دوران سکو را تحت موج منظمی با پریود ۵ ثانیه و زاویه برخورد ۰، ۴۵ و ۹۰ درجه نشان می‌دهد.

سینوسی داشته و ارتفاع آن در مقایسه با طول موج و عمق آب کوچک است که با توجه به شرایط موج در آب عمیق می‌توان از این تئوری به عنوان راه حلی مناسب جهت بررسی پارامترهای موج استفاده کرد. در این مطالعه سکوی نیمه مستغرق به نام COSLProspector(GG5000) را که در سال ۲۰۱۲ در یارد دریایی چین به نام CIMC Yanatai Raffles ساخته و به آب اندازی شد، مدل کرده، تمام اندازه‌ها و ابعاد بر اساس اطلاعات و گزارشات دریافتی از سکوی مذکور بوده که توسط شرکت Global Maritime منتشر شده است. قسمتی از اطلاعات کلی سکو در جدول شماره (۲) شماره زیر ارائه شده است.

جدول (۲): مشخصات مدل سکو

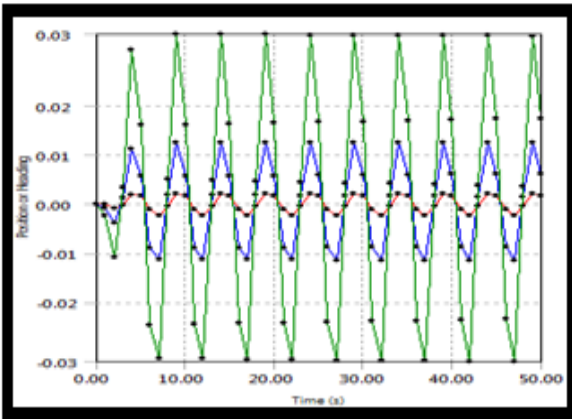
طول پانتون	۱۰۴/۵ m
ارتفاع پانتون	۱۰/۰۵ m
عرض پانتون	۱۶/۵ m
عرض کلی سکو	۷۰/۵۰ m
ارتفاع سکو تا عرشه	۲۹/۵۰ m
ارتفاع کلی سکو	۳۷/۵۵ m
آبخور ایمن سکو	۱۵/۵۰ m
آبخور عملیاتی سکو	۱۷/۵۰ m

در شکل (۱) نمایی از مدل‌سازی هندسی سکو نشان داده شده است.

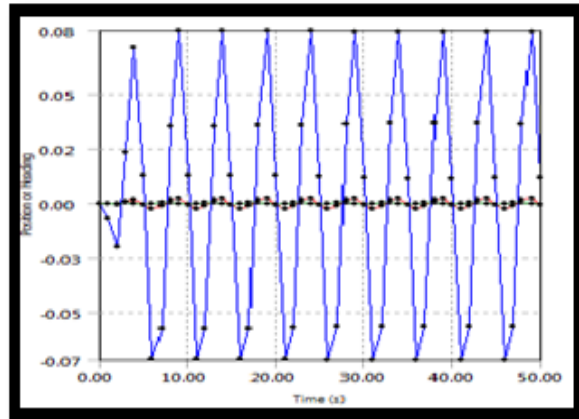


شکل (۱) مدل هندسی سکو

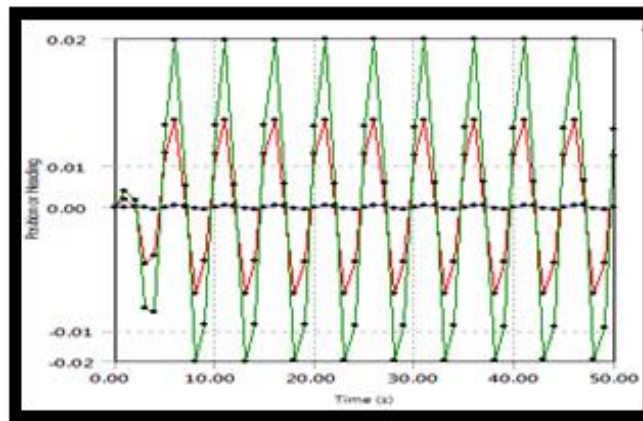
یکی از پارامترهای مهم در عملکرد سکو میزان پریود یا فرکانس موج برخوردی با سازه است، برای بررسی این مهم موج منظمی با ارتفاع ۱ متر با ۵ مقدار متفاوت پریود را بر سازه اثر داده و مقادیر جابجایی و دوران و



شکل(۳): نمودار جابه‌جایی  $T=5s, Dir=45$



شکل(۲): نمودار جابه‌جایی  $T=5s, Dir=0$



شکل(۴): نمودار جابه‌جایی  $T=5s, Dir=90$

Hydrostatic Results						
Structure	A (draft:15.5)					
<b>Hydrostatic Stiffness</b>						
Centre of Gravity (CoG) Position:	X:	5.71e-2 m	Y:	0. m	Z:	6.73 m
		Z	RX	RY		
Heave (Z):		9610675. N/m	-17322.043 N/°	38000.547 N/°		
Roll (RX):		-992480. N.m/m	19676322 N.m/°	-15803.63 N.m/°		
Pitch (RY):		2177271. N.m/m	-15803.63 N.m/°	24521846 N.m/°		
<b>Hydrostatic Displacement Properties</b>						
Actual Volumetric Displacement:		38187.02 m <sup>3</sup>				
Equivalent Volumetric Displacement:		36556.098 m <sup>3</sup>				
Centre of Buoyancy (CoB) Position:	X:	0.548937 m	Y:	-2.9136e-2 m	Z:	-9.1477432 m
Out of Balance Forces/Weight:	FX:	2.3687e-9	FY:	6.2955e-8	FZ:	4.4628e-2
Out of Balance Moments/Weight:	MX:	-3.0488e-2 m	MY:	-0.5137772 m	MZ:	1.5029e-7 m
<b>Cut Water Plane Properties</b>						
Cut Water Plane Area:		956.11322 m <sup>2</sup>				
Centre of Floatation:	X:	-0.1694472 m	Y:	-0.1032685 m		
Principal 2nd Moment of Area:	X:	718469.19 m <sup>4</sup>	Y:	746050.31 m <sup>4</sup>		
Angle Principal Axis makes with X(FRA):		-0.1406642°				
<b>Small Angle Stability Parameters</b>						
CoG to CoB (BG):		15.877743 m				
Metacentric Heights (GMX/GMY):		2.9367447 m		3.659008 m		
CoB to Metacentre (BMX/BMY):		18.814487 m		19.536751 m		
Restoring Moments about Principal Axes (MX/MY):		19674506 N.m/°		24513258 N.m/°		

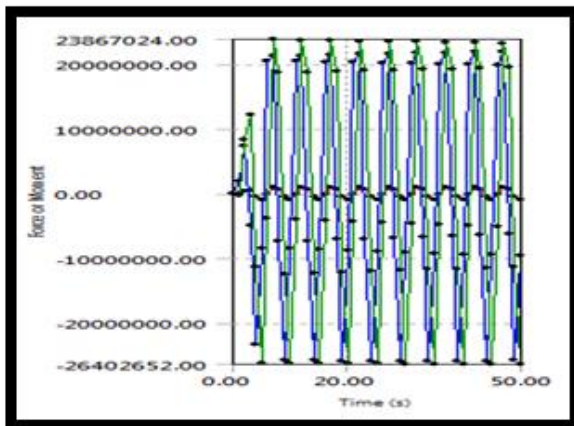
شکل(۵): خروجی اجرای مدل در شرایط هیدرواستاتیک

توجه به زاویه برخورد موج باید مقداری نزدیک به ۰ را انتظار داشت. نمودار شکل ۳ نمایانگر همان موج با زاویه برخورد ۴۵ درجه با سکو است. در این حالت موج با زاویه ای ۴۵ درجه نسبت به محورهای X و Y به سازه برخورد نموده است و به همین جهت در هیچ یک از ۳ درجه آزادی سازه مقدار صفر برای نیرو رخ نخواهد داد و در حرکت همانند حالت قبل این حالت میزان جابه‌جایی در راستای محور Z نسبت به زاویه برخورد ۰ درجه به شدت کاهش یافته و بیشینه آن در Ry رخ می‌دهد. نمودار شکل ۵ زاویه برخورد ۹۰ درجه موج با سکو را نشان داده که در این وضعیت حرکت در ۲ درجه آزادی Z, Ry, نزدیک به صفر بوده و بیشترین

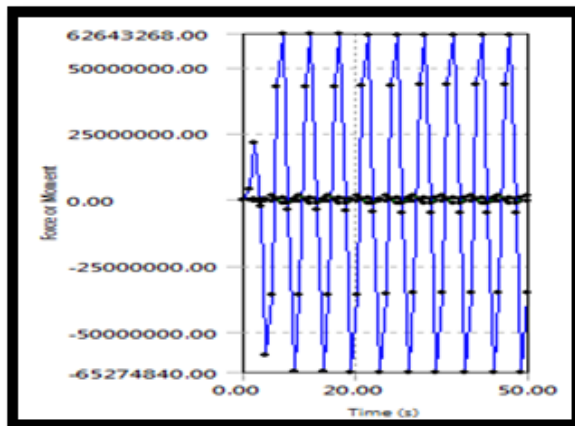
در کلیه نمودارهای ارائه شده در قسمت نتیجه‌گیری گراف قرمز رنگ بیانگر میزان تغییرات (جابه‌جایی، دوران، نیرو) در راستای محور Z حرکت Heave و گراف آبی رنگ نشان دهنده دوران حول محور X حرکت Roll و گراف سبز رنگ نمایانگر دوران حول محور Y حرکت Pitch بوده است. با توجه به نمودار شکل ۲ مشخص است که بیشترین میزان دوران حول محور Y بوده ( حرکت Pitch )، که با توجه به جهت برخورد موج با سازه که در زاویه ۰ درجه بوده (در راستای محور X) به درستی باید انتظار این بیشینه دوران را در Ry داشت از طرف دیگر کمترین میزان جابه‌جایی در دوران حول محور X رخ داده که با

بسیار مهم بوده و به عنوان یکی از پارامترهای اساسی تعیین کننده در انجام عملیات بوده می‌توان با توجه به جهت غالب امواج منطقه مورد نظر، سکو را به گونه‌ای در محل نصب و اجرا کرد تا از حرکت‌های زیاد حول محور Z (حرکت Heave) کاسته شود. سکوهایی نیمه مستغرق توسط رایزر به چاه متصل شده، رایزر در راستای محور Z قرار گرفته، در این سکوها از تجهیزاتی برای جلوگیری از حرکت Heave با نام Heave compensator استفاده می‌کنند که تجهیزاتی گران قیمت به حساب می‌آید به همین جهت کاهش میزان جابه‌جایی در این درجه آزادی بسیار مهم بوده و طراحان همواره به دنبال راهکاری جهت این مهم هستند. شکل ۶ تا ۸ میزان نیروی تفرق را برای زوایای برخورد موج ۰، ۴۵، ۹۰ درجه نشان می‌دهد.

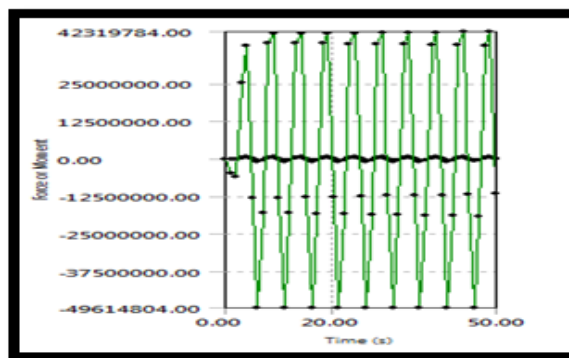
مقادیر دوران حول محور X بوده که علت آن در زاویه برخورد موج با سازه است که در راستای محور Y بوده است. نکته قابل تأمل در مقایسه نمودار شکل ۲ و ۴ است، در نمودار ۲ علاوه بر دوران پیرامون Y، جا به جایی در راستای محور Z هم مشهود است ولی در نمودار ۴ حرکت Heave ناچیز بوده است که علت آن را می‌توان با توجه به زاویه برخورد موج و جهت و موقعیت سکو توجیه کرد، در زاویه برخورد صفر درجه موج بر سر پانتون برخورد کرده و غالب نیروی آن از بین ۲ پانتون به مهاربندها رسیده و سبب ایجاد جابه جایی در راستای محور Z شده است، ولی در زاویه برخورد ۹۰ درجه غالب نیروی موج به سطح پانتون برخورد کرده و بیشترین جابه جایی را حول محور X ایجاد کرده به همین جهت میزان حرکت Heave بسیار کم بوده است. از این مسئله می‌توان در تعیین موقعیت سکو در حالت عملیاتی استفاده کرد، از آنجایی که حرکت Heave در سکوهایی نیمه شناور



شکل (۷): نمودار نیروی تفرق  $T=5s, Dir=45$

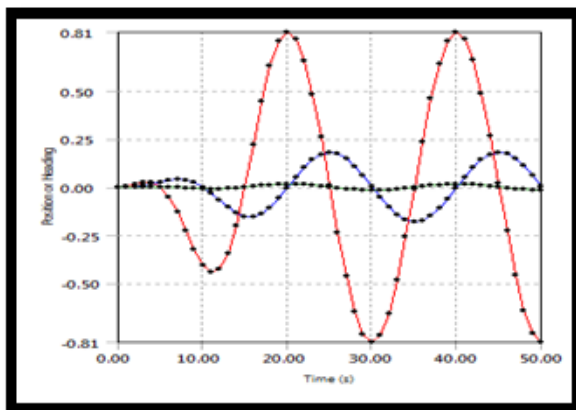


شکل (۶): نمودار نیروی تفرق  $T=5s, Dir=0$



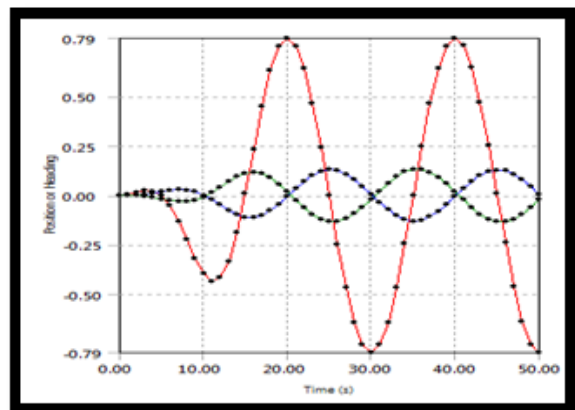
شکل (۸): نمودار نیروی تفرق  $T=5s, Dir=90$

میزان جا به جایی در راستای محور  $Z$  رخ می‌دهد. اصولاً فرآیند طراحی به صورت بهینه سازی صورت گرفته یعنی نمی‌توان سکو را به گونه‌ای طراحی کرد که هم شاهد کمترین میزان نیروی تفرق بوده و هم کمترین جابه جایی را در حرکت Heave وجود داشته و طراحان به دنبال بهترین حالت بوده که سکو بتواند بهترین کارایی را داشته باشد. شکل ۹ تا ۱۱ میزان جابه جایی و دوران سکو را تحت موج منظمی با پریود ۲۰ ثانیه و برای زاویه برخورد ۰، ۴۵ و ۹۰ درجه نشان می‌دهد.

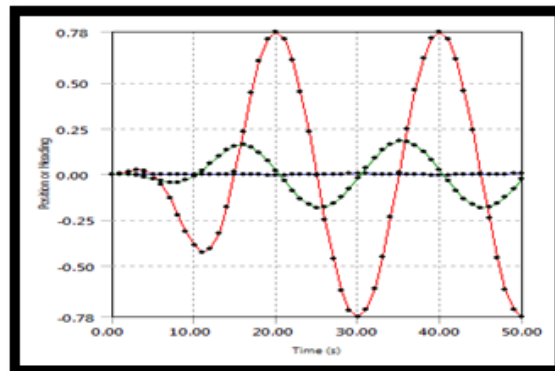


شکل (۱۰): نمودار جابه‌جایی  $T=20s, Dir=45$

همانگونه که در نمودارها مشخص است بیشترین میزان نیروی وارده در هر نمودار در جهت بیشترین میزان جابه جایی است. با توجه به نمودارها بیشترین میزان نیروی تفرق وارده در زاویه برخورد ۹۰ درجه بوده که با توجه به سطح موثر سکو در برابر موج که در این حالت بیشینه است باید انتظار ماکزیمم نیروی تفرق در همین حالت باشد. با توجه به نمودارها میتوان به این مسئله اشاره کرد که برای کاهش میزان نیروی تفرق می‌توان با توجه به جهت امواج غالب موقعیت سکو را به گونه‌ای تعیین کرد که در راستای ۹۰ درجه قرار نگیرد البته باید توجه داشت که در این حالت کمترین



شکل (۹): نمودار جابه‌جایی  $T=20s, Dir=0$

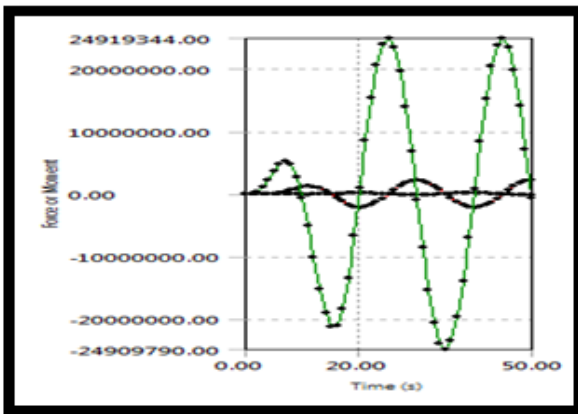


شکل (۱۱): نمودار جابه‌جایی  $T=20s, Dir=90$

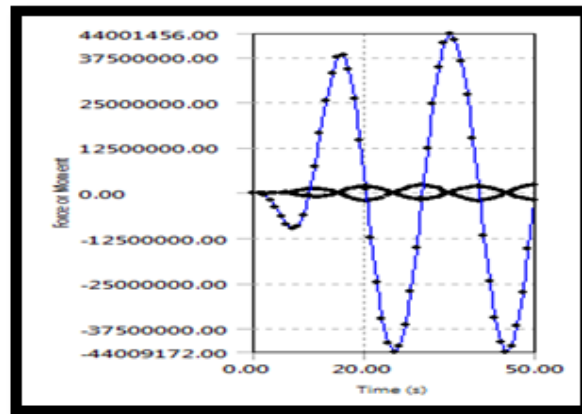
داشته که با توجه به زاویه انتشار موج قابل توجهیه بوده است. نکته قابل تأمل در شکل ۱۰ میزان جابه جایی در حرکت Roll, Pitch با یکدیگر در فاز مخالف قرار گرفته‌اند و تشکیل نقاط گره و شکم داده‌اند، از این ویژگی می‌توان در مواقعی که طراحی ایجاب می‌کند حرکت Roll, Pitch محدود به یکدیگر باشند می‌تواند به کار آید.

با توجه به مطالب ارائه شده در جدول ۱، پریود طبیعی سکوی نیمه مستغرق در حرکت Heave پیرامون  $T=20s$  است، به همین دلیل در هر سه نمودار میزان جابه‌جایی در راستای محور  $Z$  بیشینه بوده و فارغ از اندازه زاویه بوده است. در شکل ۹ علاوه بر حرکت heave دوران حول محور  $Y$  قابل توجه بوده و در شکل ۱۰ دوران حول محور  $X$  بیشترین میزان را

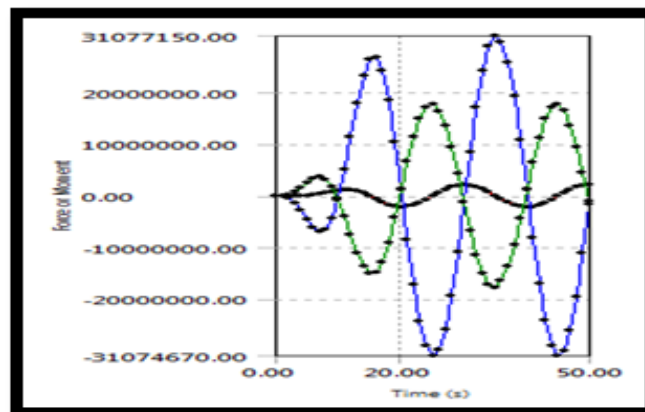




شکل (۱۳): نمودار نیروی تفرق  $T=20s, Dir=45$



شکل (۱۲): نمودار نیروی تفرق  $T=20s, Dir=0$



شکل (۱۴): نمودار نیروی تفرق  $T=20s, Dir=90$

این میزان قابل قبول بوده، چون در راستای محور Z تفرق موج به مقدار خیلی کم صورت گرفته است. در نمودار شکل ۱۴ میزان نیروی تفرق در ۲ حرکت Heave, Pitch با یکدیگر در فاز مخالف قرار گرفته و ۱۸۰ درجه اختلاف فاز دارند و تشکیل نقاط گره و شکم داده‌اند. در پریودهای ۲۰ ثانیه و بزرگتر که مقادیر پریود ویژه حرکت heave در این قسمت قرار دارد، ۲ نکته را در طراحی باید مد نظر گرفت:

۱- بیشترین مقادیر جابه جایی در راستای محور z و در درجه آزادی Heave قرار دارد، این مسئله را باید در طراحی لحاظ کرد.

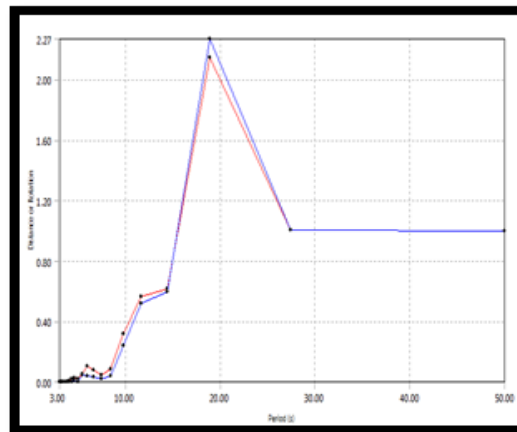
۲- بیشترین نیروی تفرق در دوران حول ۲ محور X, Y قرار دارد.

جهت صحت سنجی نتایج حاصله، آنها را با اطلاعات اخذ شده از شرکت سازنده سکوی Global Maritime، که میزان جابه جایی و دوران سکو را با استفاده از نرم

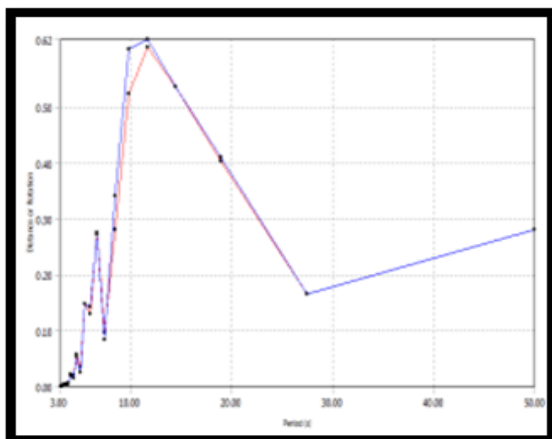
شکل ۱۲ تا ۱۴ میزان نیروی تفرق را برای زوایای برخورد موج ۰، ۴۵، ۹۰ درجه نشان می‌دهد. در نمودار شکل ۱۲ بیشترین میزان نیروی تفرق در درجه آزادی Ry بوده است نکته قابل توجه در این نمودار این است که با توجه به اینکه بیشترین میزان حرکت در heave بوده ولی بیشترین میزان نیروی تفرق در دوران حول محور Y است که با توجه به تئوری تفرق و سطح موثر قابل قبول است. در نمودار شکل ۱۳ میزان نیروی تفرق در هر ۲ راستای Rx, Ry قابل توجه است، البته میزان این نیرو در دوران حول محور X بیشینه بوده که با توجه به سطح برخورد موج که در این حالت بزرگتر از دوران حول محور Y است، توجیه می‌گردد. در نمودار شکل ۱۴ بیشترین نیروی تفرق در دوران حول محور X بوده که با توجه به زاویه انتشار موج این مقادیر قابل قبول است. نکته قابل توجه که در هر ۳ نمودار مشهود است مقادیر کم نیروی تفرق در راستای محور Z بوده که با توجه به تئوری تفرق

Heave)، نمودار شکل (۱۶) میزان دوران حول محور X (حرکت Roll) و نمودار شکل (۱۷) میزان دوران حول محور Y (حرکت Pitch) را نشان می‌دهند. در این نمودارها خط قرمز رنگ نمایانگر نتایج حاصله از مطالعه حاضر و خط آبی رنگ نشان دهنده تحلیل صورت گرفته توسط شرکت سازنده سکو است.

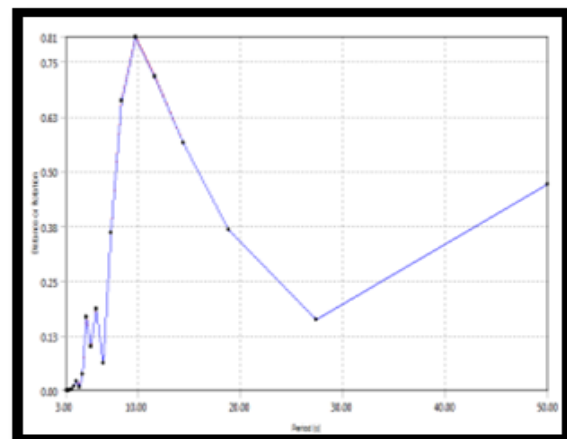
افزار SESAM در پیوندهای مختلف تحلیل کرده است. مورد مقایسه و صحت سنجی قرار گرفته است. در شکل‌های (۱۵) تا (۱۷) نتایج حاصله از مطالعه حاضر به همراه تحلیلی که توسط شرکت سازنده سکو انجام شده است در میزان جا به جایی سکو در سه درجه آزادی اصلی نشان داده شده است. نمودار شکل (۱۵) میزان جابه جایی در راستای محور Z (حرکت



شکل (۱۵): مقایسه در حرکت Heave



شکل (۱۷): مقایسه در حرکت Pitch



شکل (۱۶): مقایسه در حرکت Roll

خروجی های دو نرم افزار ANSYS, SESAM بوده است. نکته قابل توجه در این قسمت همگرایی بسیار خوب نتایج مطالعه فعلی با اطلاعات منتشر شده از شرکت سازنده سکو بوده که صحت و دقت بالای نتایج به دست آمده را تأیید می‌کند.

#### ۴. بحث و نتیجه‌گیری

سکوهای نیمه مستغرق جهت بهره‌برداری از منابع نفت و گاز در آب عمیق مورد استفاده قرار می‌گیرند، این

در نمودارهای ارائه شده در بعضی نواحی اختلاف جزئی در نتایج این مطالعه و نتایج شرکت سازنده سکو مشاهده می‌شود، که علت این موضوع می‌تواند در دو مورد باشد، یکی عمق کارگزاری سکو بوده که در این مطالعه عمق مورد نظر ۷۲۸ متر بوده ولی در تحلیل صورت گرفته توسط شرکت ۳۰۰ متر بوده است وقتی که از مدل استفاده شده است با توجه به آزادی عمل، دلیل استفاده از عمق ۷۲۸ متری بجای ۳۰۰ متری چه بوده است. مسأله بعدی اختلاف جزئی در دقت

- Gallala, J. R. 2013. Hull Dimensions of a Semi-Submersible Rig: A Parametric Optimization Approach.
- Patricksson, S. 2012. Semi-Submersible Platform Design to Meet Uncertainty in Future Operating Scenarios.
- Pedersen, E. A. 2012. Motion analysis of Semi-Submersible
- Priyanto, A., Maimun, A., Kader, A. S. A., Nasrudin, I., Ghani, M. P. A., Nur, I., and Jaswar, K. 2014. Probability distribution of wave run up and dynamic response on a large volume semi-submersible. *Ocean Engineering*, 76, 52-64.
- Sabziyan, H., Ghassemi, H., Azarsina, F., and Kazemi, S. 2014. Effect of Mooring Lines Pattern in a Semi-submersible Platform at Surge and Sway Movements. *Journal of Ocean Research*, 2(1), 17-22.
- Voogt, A. and Soles, J. 2007. Stability of Deepwater Drilling Semi Submersibles. In Proc 10th Int Symp on Practical Design of Ships and Other Floating Structures, Houston.
- Zhai, G., Ma, Z., and Zhu, H. 2012. The wind tunnel tests of wind pressure acting on the derrick of deepwater semi-submersible drilling platform. *Energy Procedia*, 14, 1267-1272.

سکوها دارای ۳ درجه آزادی اصلی بوده که پارامترهای پایداری و حرکت این سکوها در این ۳ درجه آزادی مورد بررسی قرار می‌گیرند. غالب ترین نیروی هیدرودینامیکی وارد بر سکو نیروی موج است که جهت بررسی عملکرد سکو باید پارامترهای مرتبط با نیروی موج محاسبه گردد، برای این منظور از تئوری امواج منظم استفاده شده است. برای بررسی نیروی موج منظم از تئوری ابری استفاده شده است. بر اساس نمودارهای ارائه شده می‌توان نتایج حاصله را به شرح زیر دسته بندی کرد:

- ۱- در بررسی عملکرد سکو تحت امواج منظم در حالتی که پریود موج زیر ۲۰ ثانیه قرار دارد میزان جابه جایی و دوران در هر درجه آزادی متناسب با جهت انتشار موج بوده است.
- ۲- در بارگذاری امواج منظم در پریودهای بیش از ۲۰ ثانیه بیشترین میزان جابه‌جایی در راستای محور Z (حرکت Heave) بوده است، که در این حالت فارغ از جهت برخورد موج با سکو بیشترین میزان جابه جایی در این راستا رخ می‌دهد، که این مسئله با توجه به اینکه مقدار پریود ویژه حرکت Heave بین ۲۰ تا ۵۰ ثانیه بوده و وقتی پریود موج برخوردی هم در این محدوده قرار گیرد پدیده تشدید رخ داده، مورد تأیید است.

### قدردانی

بدینوسیله نویسندگان این مقاله از دانشگاه علوم فنون دریایی خرمشهر جهت ایجاد شرایط انجام تحقیق حاضر تشکر و قدردانی می‌نمایند.

### منابع

- Chakrabarti, S., Barnett, J., Kanchi, H., Mehta, A., & Yim, J. 2007. Design analysis of a truss pontoon semi-submersible concept in deep water. *Ocean engineering*, 34(3), 621-629.

## Investigating the interaction of fluid and structure on the body of a semi-submerged platform under the influence of regular sea waves

Shahriyar Shemshaki<sup>1</sup>, Morteza Bakhtiari<sup>1\*</sup>, Masoud Sadri Nasab<sup>2</sup>

1. Marine Engineering Faculty, Khorramshahr University of Marine Science and Technology

2. Environmental Faculty, Tehran University

### Abstract

With the advent of technology and the expansion of human needs, the use of water platforms such as seas, oceans, and the recognition of methods and solutions for the design and implementation of marine structures is becoming increasingly clear.

The semi-submerged platform is one of a variety of submarine platform platforms, which, according to the features of the platform, is mainly used for extracting deep-sea oil and gas resources. In this research a semi-submersible platform under performance condition using ANSYS finite element software is numerical modeling and It is under regular waves. The platform's geometry is based on a platform built in 2012, and the data used in this study is about the average 20 years of Caspian waves.

to apply regular waves Airy theory has been used. The result of this study show that In the loading of regular waves, the two parameters of the wave period and the wave propagation angle were the determining factor in the displacement and the platform time, as well as the dispersion force resulting from the collision of the wave with the platform. Also, the results show that at a 90 degree angle of the wave with the platform, the motion state at 2 degrees Z, Ry was close to zero and was the largest amount of time around the X axis.

**Keywords:** Semi-Submerged platform, Regular waves, Airy wave theory, ANSYS Software, Fluid and structure interaction.

Figure 1. Geometry model of platform

Figure 2. Displacement graph Dir=0, T=5s

Figure 3. Displacement graph Dir=45, T=5s

Figure 4. Displacement graph Dir=90, T=5s

Figure 5. the output run of model at Hydrostatics conditions

Figure 6. diffraction force graph Dir=0, T=5s

Figure 7. diffraction force graph Dir=45, T=5s

Figure 8. diffraction force graph Dir=90, T=5s

Figure 9. Displacement graph Dir=0, T=20s

Figure 10. Displacement graph Dir=45, T=20s

Figure 11. Displacement graph Dir=90, T=20s

Figure 12. diffraction force graph Dir=0, T=20s

Figure 13. diffraction force graph Dir=45, T=20s

Figure 14. diffraction force graph Dir=90, T=20s

Figure 15. the comparison of movement at Heave

Figure 16. the comparison of movement at Roll

Figure 17. the comparison of movement at Pitch

Table 1. the value of specific return period of submerged platform

Table 2. the characteristics of platform model

\*Corresponding author, E-mail: mortezabakhtiari@yahoo.com