

## ارزیابی سکوهای دریایی نوع جکت به روش آنالیز موج افزایشی

رضا موحدی نیا\*، میرعبدالحمید مهرداد، سعید پورزینلی

گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه گیلان

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۳/۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۲۰

### چکیده

سکوهای دریایی به طور مداوم در معرض نیروهای جانبی ناشی از موج، جریان و باد هستند. سکوهای دریایی در طول فعالیت خود ممکن است در معرض امواج و جریانات بزرگتر از امواج و جریانات طرح قرار گیرند. با توجه به دائمی بودن نیروهای ناشی از موج، جریان و باد بر روی سکوها، بررسی نقش و میزان تاثیر آن بر ارزیابی طول عمر سکوهای دریایی موجود، برای ادامه بهره‌برداری اهمیت بالایی دارد. اخیراً روشی با عنوان تحلیل استاتیکی و یا دینامیکی موج افزایشی به منظور ارزیابی عملکرد سکوهای دریایی در برابر نیروی امواج پیشنهاد شده است که مبنای آن روش تحلیل IDA است. در این روش مجموعه‌ای از ارتفاع امواج منظم با نرخ افزایشی در گام‌های محاسباتی جداگانه به صورت منفرد و تک‌تک به سازه اعمال می‌شود تا مرحله‌ای که گسیختگی نهایی در سیستم سازه‌ای مشاهده شود. نزدیک بودن شرایط بارگذاری به الگوی واقعی بار امواج، امکان در نظر گرفتن اثر موج بر عرشه و برقراری ارتباط نتایج با سطوح مختلف خطر موج از ویژگی‌های برجسته روش تحلیل موج افزایشی است. روش موج افزایشی می‌تواند حد گسیختگی نهایی را به درستی تخمین بزند. علاوه بر آن پارامتری مناسب، ارتفاع موج شکست<sup>۱</sup> (موج فروپاشی)، متناظر با ظرفیت نهایی سازه‌های فراساحلی ارائه می‌دهد. نتایج حاصل از این روش از دقت و کارایی بهتری نسبت به تحلیل بارافزون مرسوم برخوردار است. در این پژوهش، روش تحلیل موج افزایشی تشریح شده و برای سکوی مورد مطالعه با استفاده از روش آنالیز موج افزایشی، حد گسیختگی نهایی، موج فروپاشی و منحنی ظرفیت محاسبه شده است. میزان حساسیت سازه سکو به نحوه توزیع جرم عرشه بر روی سازه، بررسی شده که نتایج، نشان‌دهنده عدم تاثیر نحوه توزیع جرم عرشه بر پارامترهای ارزیابی است. همچنین میزان حساسیت سکو به مقدار جرم عرشه مورد بررسی قرار گرفته که نتایج، نشان‌دهنده تاثیر بسیار زیاد مقدار جرم عرشه بر پارامترهای ارزیابی است.

**واژگان کلیدی:** سکوهای پایه ثابت دریایی، امواج دریا، آنالیز موج افزایشی، ارتفاع موج فروپاشی، جرم عرشه.

\*نویسنده مسوول، پست الکترونیک: r.movahedinia@yahoo.com

<sup>۱</sup>Collapse Wave Height (CWH)

## ۱. مقدمه

عرشه بر پارامترهای ارزیابی، با فرض ثابت بودن تمام پارامترها و عدم قطعیت‌ها، جرم عرشه در حالت‌های توزیع مطابق با واقعیت و توزیع یکنواخت بر روی سازه و مقادیر متفاوت جرم عرشه، آنالیزهای موج افزایشی انجام گردیده و پارامترهای ارزیابی محاسبه شده است. همچنین میزان حساسیت پارامترهای ارزیابی به مقدار و توزیع جرم عرشه بر پایه نتایج بدست آمده مطالعه و مقایسه شده است.

## ۲. مواد و روش‌ها

## ۱.۲. مدلسازی

سازه مورد مطالعه، سکوی فراساحلی FX مستقر در منطقه نفتی فروزان در خلیج فارس است که در عمق ۵۰ متری آب قرار دارد. مدلسازی سه‌بعدی هندسه سکو در نرم‌افزار ANSYS، زیربرنامه Mechanical APDL و با استفاده از المان Pipe289 انجام شده است. این المان برای آنالیز اعضا با ضریب لاغری بزرگتر از ۳۰ و برای کاربردهای خطی، چرخش‌های بزرگ و کرنش‌های بزرگ غیرخطی مناسب است. امکان تعریف پارامترهای خاص همچون فشار داخلی و خارجی، جرم افزوده هیدرودینامیکی و نیروی شناوری وجود دارد. لازم به ذکر است که هیچکدام از المان‌های موجود در Ansys قادر به مدل‌کردن پدیده کمانش به صورت مستقیم نیستند و در واقع تنها خرابی که در اعضا اتفاق می‌افتد، خرابی مقاومتی است. جهت مدل‌کردن پدیده کمانش اعضا، از انحراف اولیه در وسط المان‌ها بهره گرفته شده است. برای این منظور در وسط عضو، نقطه‌ای تعریف شده و سپس این نقطه به اندازه ۰/۰۰۱ تا ۰/۰۰۲ طول المان جابجا شده است (Hezarjaribi, 2013). نسبت میرایی سازه همانند مقدار متداول در تحلیل‌های دینامیکی برابر ۰/۰۵

برای برآورد ظرفیت سازه‌ها و تایید آنها برای ادامه خدمت‌رسانی معمولاً از تحلیل حد نهایی یا همان تحلیل بارافزون استفاده می‌شود. تحلیل بارافزون مرسوم، تحلیل استاتیکی غیرخطی افزاینده است که در آن بارگذاری جانبی با استفاده از موج طراحی ۱۰۰ ساله مخصوص منطقه‌ای که سکو در آن ساخته شده انجام می‌شود. بارگذاری به این صورت است که الگوی بار به صورت یکنواخت افزایش پیدا می‌کند تا فروریزش کلی در سازه اتفاق بیفتد. در نهایت ظرفیت نهایی سازه در برابر بار موج با استفاده از ضریب مقاومت ذخیره<sup>۱</sup> بیان می‌شود. با توجه به اشکالاتی که این روش دارد، گل‌افشانی و همکارانشان (۲۰۱۱) روشی به نام تحلیل استاتیکی و یا دینامیکی موج افزایشی<sup>۲</sup> به منظور ارزیابی عملکرد سکوه‌های دریایی در برابر نیروی امواج پیشنهاد کرده‌اند، که مبنای این شیوه، روش تحلیلی دینامیکی افزایشی است (تابش‌پور و همکاران، ۱۳۹۱). تحلیل دینامیکی افزایشی<sup>۳</sup> روش شناخته شده‌ای است که در آن از مفهوم مقیاس کردن رکوردهای تحریک زمین لرزه جهت شناخت و تبیین رفتار سازه در برابر بارگذاری‌های نادر و تعیین ظرفیت نهایی سازه استفاده می‌شود. به کمک این روش مطالعات مختلفی نیز بر روی انواع سازه‌های دریایی انجام شده است (متین‌نیکو، ۱۳۹۱).

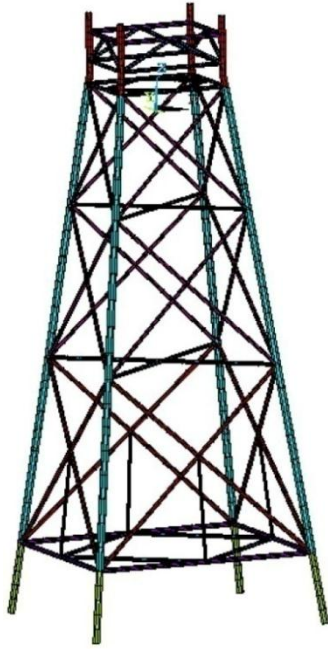
از روش آنالیز موج افزایشی می‌توان برای طراحی یا ارزیابی سکوی نفتی استفاده کرد. به علاوه با کمک این روش می‌توان ظرفیت نهایی و رفتار فروریزش سازه را به دو صورت تحلیل غیرخطی استاتیکی و دینامیکی موج، مورد بررسی قرار داد (تابش‌پور و همکاران، ۱۳۹۱).

در پژوهش حاضر به منظور مطالعه تاثیر جرم

<sup>۱</sup> Reserve Strength Ratio (RSR)

<sup>۲</sup> Static or Dynamic Incremental Wave Analysis

<sup>۳</sup> Incremental Dynamic Analysis (IDA)



شکل ۱. مدل سازه سکوی FX در نرم افزار Ansys

جهت لحاظ کردن جرم عرشه، چهار بار متمرکز به کمک المان Mass21 بر روی سازه توزیع شده است. به این منظور، سازه عرشه در نرم افزار SACS 5.3 مدل و آنالیز استاتیکی شده و عکس‌العمل‌های تکیه‌گاه عرشه (بر روی جکت) به دست آمده است. با توجه به اینکه الگوی بار در این تحقیق، بار جانبی است و اینکه محل اعمال بار بر میزان تغییرشکل‌های سازه تاثیرگذار است، با استفاده از مدلسازی المان‌های اصلی از عرشه در ANSYS، وزن عرشه از نظر ارتفاعی، در مرکز ثقل محاسبه شده با SACS، قرار داده شده است. به دلیل کوچک بودن مقدار عکس‌العمل‌های جانبی تکیه‌گاه‌های عرشه نسبت به بار قائم عرشه (به میزان کمتر از ۳ درصد)، از در نظر گرفتن عکس‌العمل‌های جانبی تکیه‌گاه‌های عرشه بر روی جکت صرف نظر شده است.

در شکل ۲ و جدول ۳ نحوه توزیع جرم عرشه بر روی سازه در نرم افزار Ansys ارائه شده است:

منظور گردیده است و ضرایب میرایی  $\alpha^1$  و  $\beta$  بر اساس مدهای اول و دوم (مودهای با بیشترین مشارکت جرمی) محاسبه و به نرم افزار معرفی شده‌اند (لطف‌اللهی یقین، ۱۳۹۰).

(۱) و (۲)

$$\alpha = 2\xi \frac{1}{\omega_i + \omega_j}$$

$$\beta = 2\xi \frac{\omega_i \cdot \omega_j}{\omega_i + \omega_j}$$

نسبت میرایی،  $\omega_i$  و  $\omega_j$ ، فرکانس‌های طبیعی نامیرای سیستم در مود  $i$  و  $j$  هستند. ضرایب درگ، جرم افزوده و اینرسی به ترتیب ۱.۰۵، ۱ و ۲ در نظر گرفته شده است. در جداول ۱ و ۲ به ترتیب مشخصات هندسی اعضای سکو و مشخصات فولاد مصرفی ارائه شده است.

جدول ۱. مشخصات هندسی اعضای جکت

مقطع هندسی (میلیمتر)		المان
ضخامت	قطر	
۱۲/۵	۸۳۸	پایه جکت
۲۵/۴	۷۶۲	شمع
۱۲/۱	۴۵۷	بادبندهای قائم
۸/۷	۴۰۶	
۹/۳	۳۰۳	
۹/۵	۵۰۸	بادبندهای افقی
۹/۵	۴۰۶	
۹/۵	۳۵۵	
۹/۳	۳۲۳	

جدول ۲. خصوصیات خطی و غیرخطی فولاد

مشخصه	مقدار	واحد
وزن مخصوص	۷۸۵۰	Kg/m <sup>3</sup>
مدول الاستیسیته	2.1E+11	N/m <sup>2</sup>
ضریب پواسون	۰/۳	-
تنش تسلیم	3.6E+08	N/m <sup>2</sup>
مدول پلاستیسیته	2.0E+10	N/m <sup>2</sup>
مقاومت نهایی	4.7E+08	N/m <sup>2</sup>

‡ Damping Coefficients

آیین نامه DNV-RP-C205 از رابطه زیر استفاده شده است:

(۳)

$$T_{H \max} = a \cdot H_{\max}^b$$

که در این رابطه  $a$  و  $b$  مقادیر تجربی هستند که برای فلات نروژ به ترتیب برابر ۲.۹۴ و ۰.۵ هستند. به علت نزدیکی این دو مقدار با مشاهدات منطقه خلیج فارس، در این تحقیق نیز از این مقادیر استفاده شده است.

(متین نیکو، ۱۳۹۱ و Dastan .et al, 2014)

در جدول ۴ مشخصات جریان های دریایی منطقه فروزان ارائه شده است.

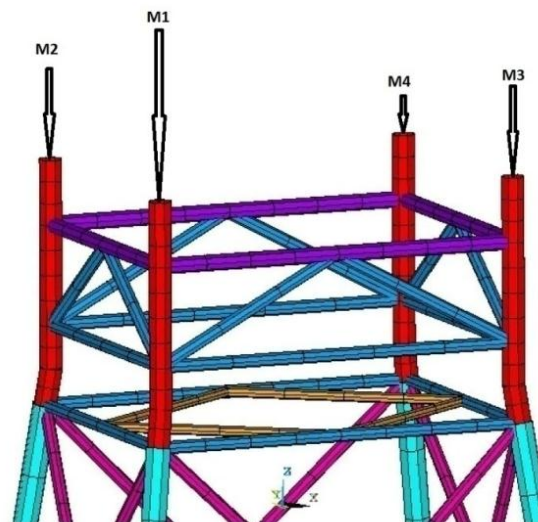
جدول ۴. مشخصات سرعت جریان دریایی

عمق آب	سرعت جریان (m/s)
سطح آب	۰/۹
میانه عمق آب	۰/۹
کف دریا	۰/۶

## ۲.۲. روش انجام آنالیز

در طراحی متعارف سکوه های نفتی فرض بر آن است که برای تمامی حدود نهایی<sup>۱</sup> رفتار اعضا به صورت الاستیک خطی است و اتصالات کاملاً صلب هستند و اعضا براساس تئوری الاستیک خطی کنترل می شوند و اجازه هیچ گونه کمانش و تسلیمی ندارند. در نتیجه فروریزش کلی سازه برابر با خرابی اولین عضو در سازه تعریف می شود. بنابراین رویکرد، قابلیت توزیع مجدد نیرو بعد از به وجود آمدن خرابی در اولین عضو را در نظر نمی گیرد. در مقابل تحلیل ظرفیت نهایی<sup>۲</sup> بر روی مزایای در نظر گرفتن رفتار کلی سازه به جای در نظر گرفتن مقاومت اعضا به صورت تک تک تأکید دارد (Golafshani, 2011).

برای انجام تحلیل استاتیکی موج افزایشی، سازه سکو در معرض چندین موج با ارتفاع متفاوت قرار گرفته است و برای هر ارتفاع موج یک تحلیل استاتیکی



شکل ۲. نحوه توزیع جرم عرشه سکوی FX در نرم افزار Ansys

جدول ۳. مقادیر جرم های اعمال شده بر روی سازه

پارامتر	مقدار (تن)
M1	۷۰۰
M2	۳۰۰
M3	۴۰۰
M4	۱۰۰

آب دریا (سیال) با چگالی ۱۰۲۵ کیلوگرم بر مترمکعب به نرم افزار معرفی شده و به مقاطع مدنظر به عنوان متریال داخلی و خارجی اختصاص داده شده است. عمق نفوذ شمع سکوی FX، ۴۵ متر است که، الف: با توجه به اینکه الگوی بار در این پژوهش، موج دریا است، ب: بر پایه تجربه مهندسی (طول گیرداری شمع برای سکوه های طراحی شده در خلیج فارس از ۹ تا ۱۲ برابر قطر شمع است) (Asgarian .et al, 2008)، ج: بر اساس پیشنهاد عسگریان-لسانی (2008، ج: بر اساس پیشنهاد عسگریان-لسانی (Asgarian .et al, 2008)؛ در این تحقیق از طول گیرداری به اندازه ۱۰ برابر قطر شمع استفاده شده است.

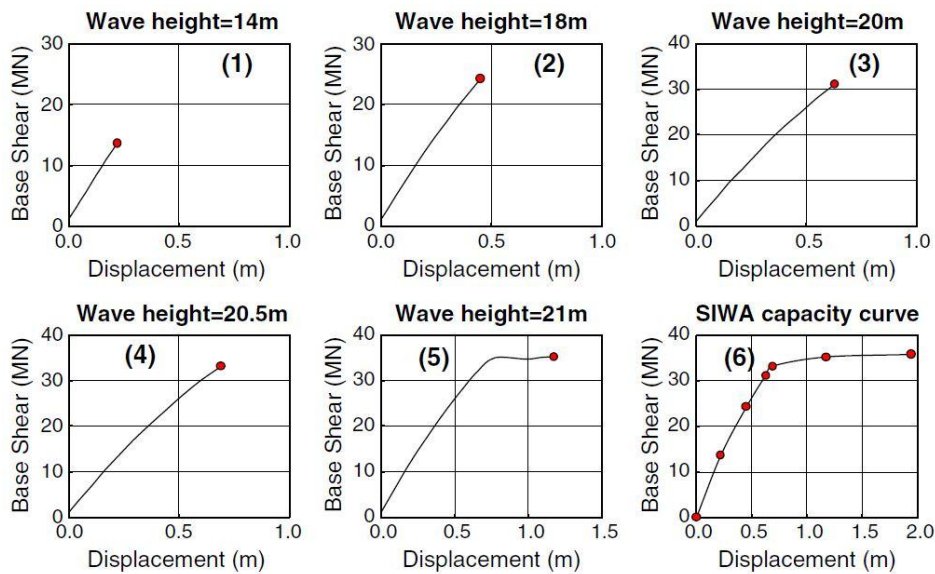
در این تحقیق تحلیل موج افزایشی با استفاده از امواج منظم استوکس مرتبه ۵ انجام می شود. به منظور تناسب میان پرید امواج با ارتفاع امواج حدی، مطابق

<sup>۱</sup> Limit States

<sup>۲</sup> Ultimate Limit State Analysis

قبل از رسیدن به تراز نیرویی معادل با یک، سازه دچار فروپاشی شود. در این حالت با استفاده از نقاط برش پایه و تغییرمکان مربوط به هر ارتفاع موج و ترسیم آنها در مقابل هم نموداری به دست می‌آید که منحنی رفتاری یا منحنی ظرفیت سازه نامیده می‌شود. شکل ۳ به صورت گرافیکی مراحل کار را نشان می‌دهد (تابش‌پور و همکاران، ۱۳۹۱).

غیرخطی انجام می‌شود؛ ما سازه فقط تا نیروی همان موج، پوش می‌شود. به عبارت دیگر به جای تحلیل سازه تا نقطه خرابی، سازه تا نیروی معادل یک برابر نیروی موج تحلیل می‌شود. سپس برش پایه و تغییرمکان معادل با این نقطه (تراز نیروی برابر با یک) ثبت شده و تحلیل با یک موج با ارتفاع بیشتر تکرار می‌گردد. این کار تا زمانی ادامه می‌یابد که سازه دیگر قادر به تحمل نیروی موج نباشد. به عبارت دیگر



شکل ۳. نمای گرافیکی از مراحل به دست آوردن منحنی ظرفیت موج افزایشی (Golafshani, 2011)

احتمال وقوع این ارتفاع موج را می‌توان احتمال خرابی سکو دانست. احتمال وقوع موج‌هایی با ارتفاع متفاوت را نیز می‌توان به راحتی از منحنی خطر موج به دست آورد. معادله زیر این مفهوم را به صورت واضح‌تری نشان می‌دهد:

(۴)

$$P_f = P[h \geq CWH]$$

در این معادله  $P_f$  احتمال خرابی سکو و  $P[h \geq CWH]$  احتمال فراگذشت از ارتفاع موج خرابی است. به طور کلی چنانچه احتمال خرابی برای انواع سکوه‌های دریایی در آئین‌نامه تعریف شود، پارامتر ارتفاع موج خرابی قادر است به راحتی در ارزیابی و طراحی سکوه‌های دریایی به کار گرفته شود و به طراحی بهینه‌تر با مفهوم

نمودارهای به دست آمده از تحلیل استاتیکی موج افزایشی به راحتی می‌توانند در تعیین حد فروپاشی (خرابی) سکو در برابر بارگذاری امواج به کار گرفته شوند. با توجه به تعریف ارائه شده در آئین‌نامه فاما ۳۵۰ (۲۰۰۰)<sup>۱</sup>، در جایی که تغییر ناگهانی در شیب منحنی ظرفیت ایجاد می‌گردد (به عنوان مثال شیب منحنی کمتر از ۱۵ درصد شیب اولیه شود) به عنوان نقطه فروپاشی<sup>۲</sup> سکو انتخاب می‌شود (Hezarjaribi, 2013).

با توجه به اینکه این ارتفاع موج، سکو را به حالت فروپاشی می‌رساند، در نتیجه از دیدگاه کلی،

<sup>۱</sup>Fema 350 (2000)

<sup>۲</sup> Collapse

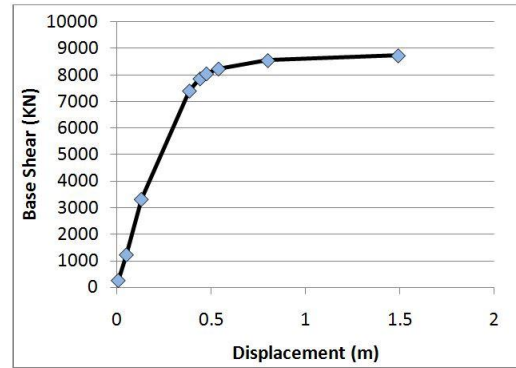
روشن‌تری منجر شود (Golafshani, 2011).

### ۳. نتایج

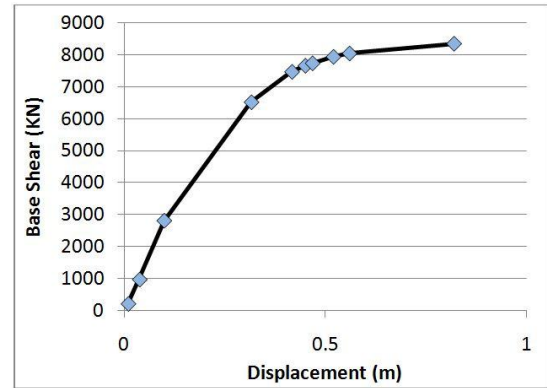
#### ۱.۳. منحنی ظرفیت موج افزایشی و

#### محاسبه موج فروپاشی

در این بخش بر پایه توضیحات ارائه شده، منحنی



شکل ۷. منحنی ظرفیت موج افزایشی برای راستای ۲۷۰ درجه



شکل ۴. منحنی ظرفیت موج افزایشی برای راستای صفر درجه

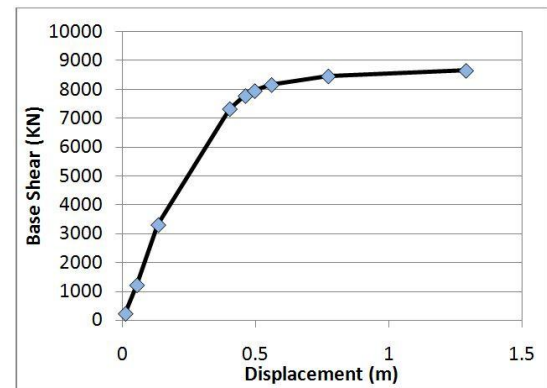
نقطه‌ای که تغییر ناگهانی در شیب منحنی ظرفیت ایجاد می‌گردد (شیب منحنی کمتر از ۱۵ یا ۲۰ درصد شیب اولیه شود) به عنوان نقطه فروپاشی (گسیختگی)<sup>۱</sup> اسکو معرفی و ارتفاع موج متناظر با آن، موج شکست<sup>۲</sup> نامیده می‌شود.

در جدول ۵ نتایج آنالیز موج افزایشی در لحظه گسیختگی برای راستاهای مختلف ارائه شده است:

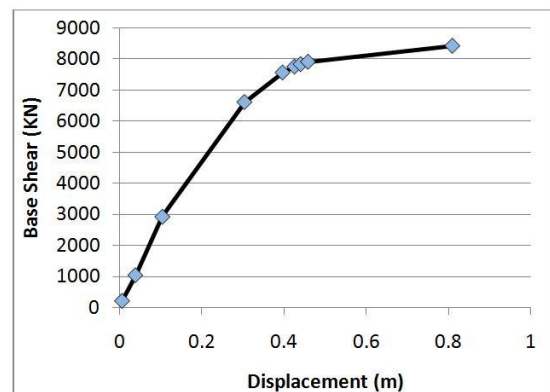
جدول ۵. نتایج آنالیز موج افزایشی در لحظه گسیختگی

راستا (درجه)	CWH (متر)	پریود موج (ثانیه)	جابجایی (متر)	برش پایه (کیلو نیوتن)
۰	۲۲/۵	۱۶/۶	۰/۴۵	۷۶۶۵
۹۰	۲۱/۵	۱۶/۲۳	۰/۴۹۷	۷۹۵۱
۱۸۰	۲۲/۷۵	۱۶/۶۹	۰/۴۴	۷۸۵۴
۲۷۰	۲۱/۵	۱۶/۲۳	۰/۴۷	۸۰۵۲

علت کاهش شیب منحنی‌ها آنست که با تسلیم شدن اعضای سازه‌ای در اثر افزایش ارتفاع امواج، سازه مقاومت خود را از دست داده و شاهد تغییر شکل‌های بزرگ را تجربه خواهد کرد که این امر کاهش شدید



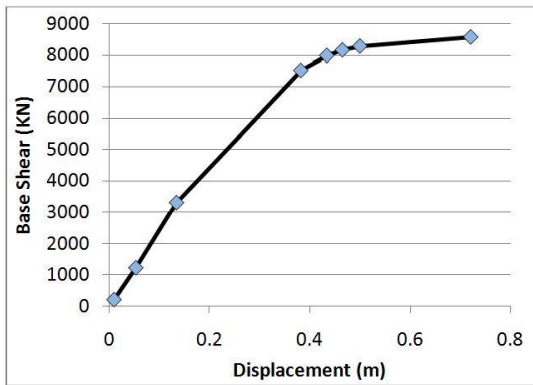
شکل ۵. منحنی ظرفیت موج افزایشی برای راستای ۹۰ درجه



شکل ۶. منحنی ظرفیت موج افزایشی برای راستای ۱۸۰ درجه

<sup>۱</sup> Collapse

<sup>۲</sup> CWH



شکل ۹. منحنی ظرفیت موج افزایشی برای راستای صفر ۹۰ در حالت توزیع یکنواخت جرم عرشه

جدول ۶. نتایج آنالیز موج افزایشی در لحظه گسیختگی برای حالت توزیع یکنواخت جرم عرشه

راستا (درجه)	CWH (متر)	پریود موج (ثانیه)	جابجایی (متر)	برش پایه (کیلونیوتن)
۰	۲۲	۱۶/۴۲	۰/۴	۷۷۰۸
۹۰	۲۱/۵	۱۶/۲۳	۰/۴۷	۸۱۶۱

است و می‌توان ادعا کرد نحوه توزیع جرم عرشه بر روی سکو تاثیری بر معیار CWH ندارد.

### ۱.۳ حساسیت CWH به مقدار جرم عرشه

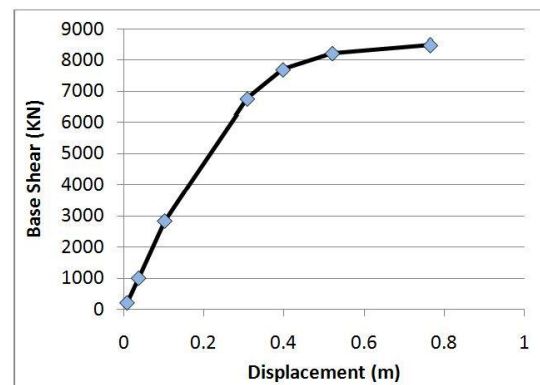
در این بخش میزان حساسیت معیار CWH به مقدار جرم عرشه بر روی سازه بررسی می‌شود. در اینجا سازه را در حالت‌های بدون جرم عرشه، نیمی از جرم واقعی عرشه، ۱.۵، ۲ و ۲.۵ برابر جرم واقعی عرشه برای راستای صفر درجه تحت آنالیزهای موج افزایشی قرار داده و نتایج به صورت منحنی‌های ظرفیت و CWH ارائه شده است. نسبت توزیع جرم بر روی پایه‌ها بر اساس نسبت‌های حالت واقعی است.

میزان افزایش برش پایه را به همراه خواهد داشت. به بیان دیگر انرژی ورودی به سیستم صرف تغییر شکل اعضا شده و سهم کمتری از آن به برش پایه منتقل می‌شود.

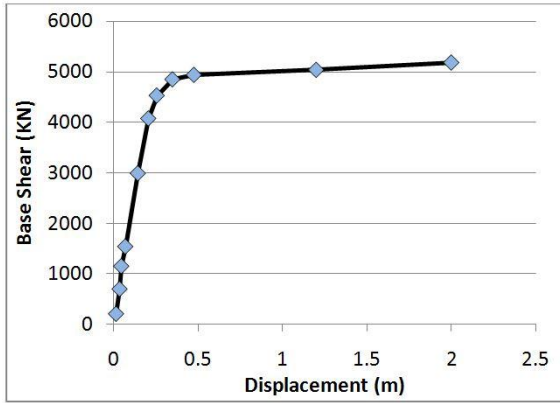
### ۲.۳ بررسی حساسیت CWH به نحوه توزیع جرم عرشه بر روی جکت

در این بخش میزان حساسیت معیار CWH به دقت و نحوه توزیع جرم عرشه بر روی سازه بررسی خواهد شد. در اینجا با فرض توزیع یکنواخت جرم بر روی سازه، حساسیت CWH مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته و منحنی‌های ظرفیت به دست آمده است. منظور از توزیع یکنواخت، پخش جرم عرشه با توجه به تعداد پایه‌ها است. در اینجا جرم عرشه بر ۴ تقسیم شده و بر روی پایه‌ها قرار داده شده و در دو راستای صفر و ۹۰ درجه آنالیزهای موج افزایشی انجام شده است.

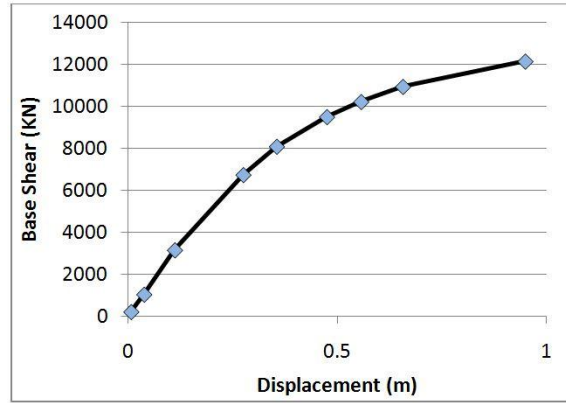
با بررسی CWH های به دست آمده در حالت توزیع یکنواخت جرم عرشه با حالت‌های توزیع واقعی، تغییر بسیار کوچک مشاهده می‌شود که قابل چشم‌پوشی



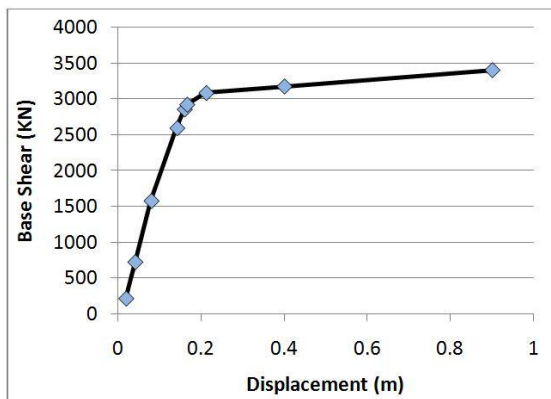
شکل ۸. منحنی ظرفیت موج افزایشی برای راستای صفر درجه در حالت توزیع یکنواخت جرم عرشه



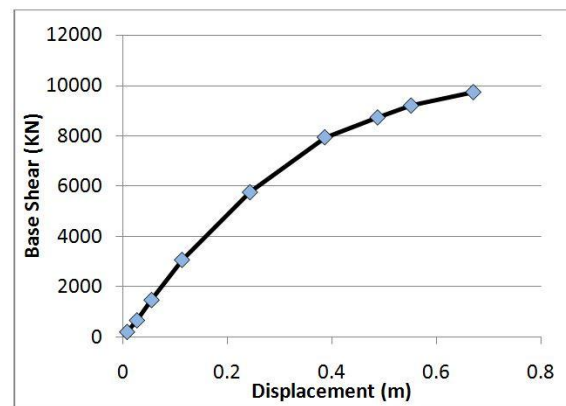
شکل ۱۳. منحنی ظرفیت موج افزایشی برای حالت ۲ برابر جرم عرشه (2M)



شکل ۱۰. منحنی ظرفیت موج افزایشی برای حالت بدون جرم عرشه



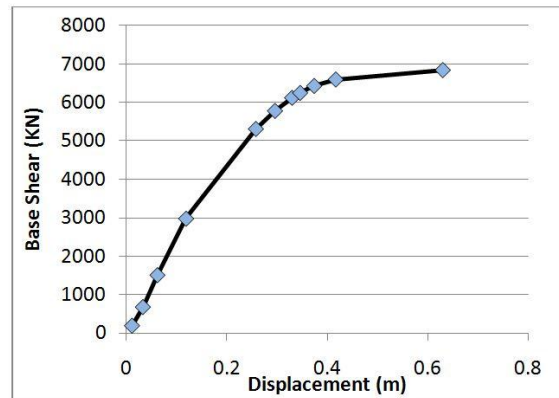
شکل ۱۴. منحنی ظرفیت موج افزایشی برای حالت ۲.۵ برابر جرم عرشه (2.5M)



شکل ۱۱. منحنی ظرفیت موج افزایشی برای حالت نصف جرم عرشه (0.5M)

جدول ۷. حساسیت CWH به تغییرات جرم عرشه

جرم عرشه		CWH (m)
Mass	ton	
0M	۰	۲۶
0.5M	۷۵۰	۲۵
1M	۱۵۰۰	۲۲/۵
1.5M	۲۲۵۰	۲۰/۵
2M	۳۰۰۰	۱۷
2.5M	۳۷۵۰	۱۴



شکل ۱۲. منحنی ظرفیت موج افزایشی برای حالت ۱.۵ برابر جرم عرشه (1.5M)



جرم عرشه تاثیر بسیار اندکی در CWH دارد. بدیهی است این نتیجه کمک بزرگی در ارزیابی سازه ای سکوهای دریایی می کند و صرفه مالی و زمانی را در پی دارد.

در خصوص سنجش میزان حساسیت معیار CWH به مقدار جرم عرشه، جرم عرشه در پنج حالت مختلف نسبت به حالت واقعی بررسی شد. نتایج نشان از حساسیت بالای CWH به تغییر جرم عرشه دارد. بنابراین در ارزیابی و طراحی سکوی پایه ثابت به روش موج افزایشی مقدار جرم عرشه اهمیت بالایی دارد.

#### منابع

متین‌نیکو، ح. ۱۳۹۱. برآورد احتمالاتی ظرفیت سکوهای دریایی نوع جکت به کمک روش امواج تصادفی افزایشی. نشریه علمی-پژوهشی مهندسی دریا، شماره شانزدهم، سال پنجم، ص. ۱-۱۸.

تابش‌پور، م.، فاطمی، س. ۱۳۹۱. مروری بر روش‌ها و مطالعات انجام گرفته در زمینه ارزیابی سکوهای پایه ثابت برای بار موج و زلزله. چهاردهمین همایش صنایع دریایی ایران.

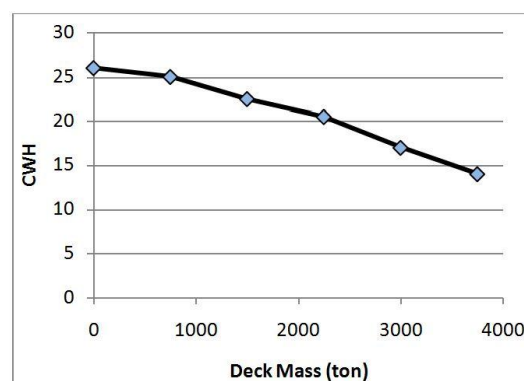
لطف‌اللهی یقین، م. ۱۳۹۰. دینامیک سازه‌های فراساحلی. انتشارات دانشگاه تبریز. ص. ۲۸۵.

Asgarian, B., Lesani, M. 2008. Pile-soil-structure interaction in pushover analysis of jacket offshore platforms using fiber elements. *Journal of Constructional Steel Research* 65: 209-218.

Dastan, M., Mohajernassab, S., Seif, M., Tabeshpour, M., Mehdigholi, H. 2014. Assessment of offshore structures under extreme wave conditions by Modified Endurance Wave Analysis. *Marine Structures* 39: 50-69.

Golafshani, A., Bagheri, V., Ebrahimian, H., Holmas, T. 2011. Incremental wave analysis and its application to performance-based assessment of jacket platforms. *Journal of Constructional Steel Research* 67: 1649-1657.

Hezarjaribi, M., Bahaari, M., Bagheri, V., Ebrahimian, H. 2013. Sensitivity analysis of jacket-type offshore platforms under extreme waves. *Journal of Constructional Steel Research* 83: 147-155



شکل ۱۵. نمودار حساسیت CWH به تغییرات جرم عرشه از شکل ۱۵ استنباط می‌شود که CWH به تغییرات جرم عرشه حساسیت بالایی دارد و جرم عرشه تاثیر بسیار بالایی در تعیین موج شکست است.

#### ۲. بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله تاثیر امواج با فرکانس‌ها و پریودهای مختلف برای به دست آوردن منحنی ظرفیت سکو به روش آنالیز موج افزایشی مورد مطالعه قرار گرفت. برای این منظور، سکوی FX بصورت سه بعدی شبیه سازی شده و در معرض امواج منظم استوکس مرتبه ۵ قرار گرفته و منحنی‌های ظرفیت، حد فروپاشی و امواج شکست در راستاهای مختلف برای حالات مختلف (توزیع دقیق جرم عرشه، توزیع یکنواخت جرم عرشه بر روی سکو و همچنین مقادیر مختلف جرم عرشه) به دست آمده است.

معیار CWH برای راستاهای صفر و ۱۸۰ درجه برابر ۲۲.۵ متر و برای راستاهای ۹۰ و ۲۷۰ درجه برابر ۲۱.۵ متر به دست آمده است. با توجه به اینکه موج ۱۰۰ صد ساله طراحی، برای سکوهای پایه ثابت (نوع جکت) در منطقه فروزان، ۱۱ متر است، می توان پیش بینی کرد که سکوی FX در برابر نیروی امواج دچار خرابی کلی و فروپاشی نخواهد شد و از بابت سازه ای مقاومت لازم را دارد.

در خصوص سنجش میزان حساسیت معیار CWH به نحوه توزیع جرم عرشه، جرم عرشه بصورت مساوی بر روی چهار پایه جکت توزیع شد. در این حالت CWH به دست آمده با حالت توزیع واقعی برابر شد (با تقریبی کمتر از ۰.۵ متر). بنابراین نحوه توزیع

---

**ASSESSMENT OF FIXED JACKET PLATFORM USING INCREMENTAL WAVE ANALYSIS**Reza Movahedinia<sup>1</sup>, Mir Abdolhamid Mehrdad, Saied Pourzeinali

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Guilan, Rasht, Iran.

**Abstract**

Jacket-type offshore platforms play an important role in oil and gas industries in shallow and intermediate water depths such as Persian Gulf region. Such important structures need accurate considerations in analysis, design and assessment procedures. Incremental wave analysis for performance-based assessment of jacket platforms is established in 2011 to estimate different limit states and accurate behavior of jacket platform against environmental wave loading. IWA can be appropriate substitute to current pushover practice. The IWA can estimate the collapse-prevention limit state of jacket platforms properly. In addition, an appropriate parameter for ultimate capacity of offshore platforms is introduced which is called Collapse Wave Height (CWH). The CWH can be utilized as a substitute to RSR parameter in the design and assessment of jacket platforms. In this paper, IWA is explained. IWA curves, collapse-prevention limit state and CWH for case study platform is calculated. Effect of deck mass and its distribution on CWH is examined.

**Keywords:** Fixed Jacket Platform, Seastate, Incremental Wave Analysis, Collapse Wave Height, Deck weight