بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی عمران

گرایش سازه‌های دریایی

بررسی رفتار سکوهای ثابت دریایی با آنالیز موج افزایشی

از

رضا موحدی‌نیا

استاد راهنما:

دکتر میرعبدالحمید مهرداد

استاد مشاور:

دکتر سعید پورزینلی

زمستان ۱۳۹۳

تقدیم به

آنان که وجودم جز هدیه وجودشان نیست

به پدر و مادر مهربانم

به خواهر و برادران عزیزتر از جانم

سپاس‌گزاری

بر خود واجب می‌دانم مراتب سپاس خود را از اساتید عزیزم در دانشگاه گیلان به جا آورم. از آقای دکتر مهرداد که زحمت راهنمایی اینجانب در انجام پایان‌نامه و آقای دکتر پورزینلی که بنده را از مشورت‌های سازنده خود بهره‌مند ساختند.

سپاس بی‌پایان از برادر عزیزم، دکتر عبدالعلی موحدی‌نیا که همواره در تمام مراحل زندگی همراه و حامی اینجانب بوده است.

بر خود لازم می‌دانم که سپاس‌گزاری ویژه‌ای داشته باشم از آقایان مهندس مجد، امیرحسین فروزش و مصطفی انصافی که همواره در انجام پایان‌نامه اینجانب را حمایت نمودند.

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 و گزارش شدن مواردی از شکست سکوهای دریایی اخیر به علت نیروهای اعمال شده از جانب نیروهای هیدرودینامیکی، 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[۱] و یا دینامیکی[۲] 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[۳] (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، روش‌های ارزیابی سکوهای دریایی 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. در بخشی از پژوهش حاضر، میزان حساسیت سازه سکو به نحوه توزیع جرم عرشه بر روی آن بررسی شده که عدم تاثیر نحوه توزیع جرم عرشه بر پارامترهای ارزیابی حاصل شده است. همچنین میزان حساسیت سکو به مقدار جرم عرشه مورد بررسی قرار گرفته که نتایج نشاندهنده تاثیر بسیار زیاد مقدارِ جرم عرشه بر پارامترهای ارزیابی است.

کلید واژه: سکوهای پایه ثابت دریایی، امواج دریا، آنالیز موج افزایشی، ارتفاع موج فروپاشی، جرم عرشه.

[۱] SIWA

[۲] DIWA

[۳] Collapse Wave Height (CWH)

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست جدول‌ها ..... س

فهرست شکل‌ها ..... ش

فصل ۱- مقدمه ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- اهمیت موضوع ۲

۱-۳- سوالات و فرضیات ۳

۱-۴- هدف تحقیق ۳

۱-۵- خلاصه روش تحقیق ۳

۱-۶- ساختار پایان‌نامه ۳

فصل ۲- اصول، مفاهیم و مبانی نظری ۵

۲-۱- مقدمه ۶

۲-۲- تاریخچه ساخت سکوهای دریایی ۶

۲-۳- انواع سکوهای دریایی ۶

۲-۳-۱- سکوهای ثابت نوع شابلونی ۷

۲-۳-۲- سکوهای برجی ۹

۲-۳-۳- سکوهای وزنی (بتنی) ۹

۲-۳-۴- سکوی حفاری خودبالابر ۱۰

۲-۳-۵- سکوهای پایه کششی ۱۰

۲-۳-۶- سکوهای نیمه‌شناور ۱۱

۲-۳-۷- سکوهای متکی به یک نقطه ۱۲

۲-۳-۸- سکوهای شناور ۱۳

۲-۴- شناخت خطرات سازه‌های دریایی ۱۳

۲-۴-۱- خطر ناشی از حد ایمنی ناکافی سکو ۱۴

۲-۴-۲- خطر ناشی از حوادث غیرمترقبه ۱۴

۲-۴-۳- خطر ناشی از خطاهای فاحش ۱۴

۲-۴-۳-۱- طراحی ۱۴

۲-۴-۳-۲- ساخت ۱۴
۲-۴-۳-۳- بهره‌برداری ۱۴
۲-۵- عوامل خرابی سکوهای دریایی ۱۵
۲-۵-۱- مقاومت ناکافی سکو ۱۵
۲-۵-۲- افزایش نیروهای وارد بر سکو ۱۵
۲-۵-۲-۱- نیروهای محیطی ۱۵
۲-۵-۲-۲- نیروهای عملیاتی ۱۵
۲-۵-۲-۳- نیروهای ناشی از حوادث ۱۵
۲-۶- مودهای (حالات) خرابی ۱۶
۲-۷- مقاوم‌سازی سازه‌های موجود ۱۷
۲-۸- مفاهیم و اصول کلی ارزیابی ۱۸
۲-۸-۱- مقدمه ۱۸
۲-۸-۲- اهداف ارزیابی ۱۸
۲-۸-۳- ایمنی و قابلیت بهره‌برداری از سازه ۱۹
۲-۸-۴- روش انجام ارزیابی ۲۰
۲-۸-۴-۱- ارزیابی قابلیت بهره‌برداری بر اساس اندازه‌گیری ۲۰
۲-۸-۴-۲- ارزیابی قابلیت بهره‌برداری و ایمنی بر پایه مدلسازی ۲۰
فصل ۳- مروری بر منابع و پیشینه تحقیقات ۲۲
۳-۱- مقدمه ۲۳
۳-۲- روش‌های تحلیل سازه ۲۴
۳-۲-۱- تحلیل استاتیکی خطی ۲۴
۳-۲-۲- تحلیل دینامیکی غیرخطی ۲۴
۳-۲-۳- تحلیل استاتیکی غیرخطی ۲۴
۳-۳- تاریخچه بررسی رفتار دینامیکی غیرخطی سکوهای دریایی در مقابل بارهای جانبی ۲۵
۳-۴- تاریخچه بررسی رفتار فونداسیون سکوهای دریایی در مقابل بارهای جانبی ۲۸
۳-۵- تاریخچه بررسی رفتار غیرخطی پایه سکوهای دریایی در مقابل بارهای جانبی ۳۲
۳-۶- ارزیابی مبتنی بر عملکرد سکوها به کمک روش‌های تحلیلی ۳۴
۳-۶-۱- تحلیل بارافزون ۳۴
۳-۶-۲- تحلیل غیرخطی دینامیکی افزایشی ۳۷
۳-۶-۳- تحلیل موج افزایشی ۳۷

۳-۶-۴- تحلیل زمان‌دوام ۴۰
۳-۶-۵- تحلیل موج‌دوام ۴۱
۳-۶-۶- آنالیز زمان‌دوام اصلاح‌شده ۴۲
۳-۶-۶-۱- ویژگی‌های تحریک MEWA ۴۴
۳-۶-۷- تحلیل قابلیت اطمینان ۴۵

فصل ۴- روش تحقیق ۴۷

۴-۱- مقدمه ۴۸
۴-۲- نیروهای وارد بر سکو ۴۸
۴-۲-۱- نیروی موج ۴۸
۴-۲-۱-۱- تعریف پارامترهای موج ۴۸
۴-۲-۱-۲- مشخصات هندسی و حرکتی موج ۴۹
۴-۲-۱-۳- معادله موریسون ۴۹
۴-۲-۱-۴- تئوری موج ۵۲
۴-۲-۲- نیروی جریان ۵۲
۴-۲-۳- اثر داپلر ۵۳
۴-۲-۴- بارهای مرده و زنده ۵۴
۴-۳- معرفی نرم‌افزار ANSYS ۵۵
۴-۳-۱- مدل سازی اجزا محدود در نرم‌افزار ANSYS ۵۵
۴-۳-۱-۱- انتخاب نوع المان ۵۵
۴-۳-۱-۲- نوع آنالیز ۵۷
۴-۳-۱-۳- ضرایب میرایی مودال ۵۷
۴-۳-۱-۴- خصوصیات متریال ۵۷
۴-۴- روش تحلیل ۵۸
۴-۴-۱- تحلیل استاتیکی موج افزایشی ۵۸
۴-۴-۲- تحلیل دینامیکی موج افزایشی ۶۱
۴-۵- مدلسازی اندرکنش خاک و شمع ۶۲
۴-۵-۱- مدلسازی با روش فنرهای غیر خطی (P-Y) ۶۳
۴-۵-۲- مدلسازی با روش عمق گیرداری ۶۳

فصل ۵- نتایج و تفاسیر آنها ۶۶

۵-۱- مقدمه ۶۷

۵-۲- معرفی سکو ۶۷
۵-۳- فرضیات مدلسازی سکو در نرم‌افزار ANSYS ۶۸
۵-۳-۱- مدلسازی جکت ۶۸
۵-۳-۲- مدلسازی عرشه ۷۰
۵-۳-۳- اندرکنش شمع و خاک ۷۱
۵-۳-۴- شرایط محیطی ۷۱
۵-۴- هدف پژوهش ۷۲
۵-۴-۱- منحنی ظرفیت موج افزایشی سکوی FX و محاسبه ارتفاع موج شکست ۷۲
۵-۴-۲- بررسی حساسیت CWH به نحوه توزیع جرم عرشه بر روی جکت ۷۷
۵-۴-۳- بررسی حساسیت CWH به مقدار جرم عرشه ۸۰
فصل ۶- جمع‌بندی و پیشنهادات ۸۷
۶-۱- نتیجه‌گیری ۸۸
۶-۲- پیشنهادات ۸۹
۶-۳- منابع ۹۰

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱ انواع روش‌های تحلیل سکو دریایی ۳۴
جدول ۳-۲ مقایسه مباحث مربوط به ارزیابی در دو آیین‌نامه FEMA-۳۵۶ و API RP۲A ۳۶
جدول ۴-۱ خصوصیات خطی و غیرخطی فولاد ۵۷
جدول ۴-۲ خلاصه نتایج تحلیل موج افزایشی برای سکوی SPD۲ ..... ۶۲
جدول ۴-۳ مقادیر مختلف nh ۶۴
جدول ۵-۱ مشخصات هندسی اعضای جکت ۶۸
جدول ۵-۲ ضرایب درگ و اینرسی ۶۹
جدول ۵-۳ مقادیر جرم های اعمال شده بر روی سازه ۷۰
جدول ۵-۴ مشخصات سرعت جریان دریایی ۷۲
جدول ۵-۵ مقادیر برش پایه و جابجایی راستای صفر درجه ۷۳
جدول ۵-۶ مقادیر برش پایه و جابجایی راستای ۹۰ درجه ۷۴
جدول ۵-۷ مقادیر برش پایه و جابجایی راستای ۱۸۰ درجه ۷۵
جدول ۵-۸ مقادیر برش پایه و جابجایی راستای ۲۷۰ درجه ۷۶
جدول ۵-۹ مقادیر برش پایه و جابجایی راستای صفر درجه در حالت توزیع یکنواخت جرم عرشه ۷۸
جدول ۵-۱۰ مقادیر برش پایه و جابجایی راستای صفر ۹۰ در حالت توزیع یکنواخت جرم عرشه ۷۹
جدول ۵-۱۱ مقادیر برش پایه و جابجایی برای حالت بدون جرم عرشه ۸۱
جدول ۵-۱۲ مقادیر برش پایه و جابجایی برای حالت نصف جرم عرشه (۰,۵M) ۸۲
جدول ۵-۱۳ مقادیر برش پایه و جابجایی برای حالت ۱,۵ برابر جرم عرشه (۱,۵M) ۸۳
جدول ۵-۱۴ مقادیر برش پایه و جابجایی برای حالت ۲ برابر جرم عرشه (۲M) ۸۴
جدول ۵-۱۵ مقادیر برش پایه و جابجایی برای حالت ۲,۵ برابر جرم عرشه (۲,۵M) ۸۵
جدول ۵-۱۶ حساسیت CWH به تغییرات جرم عرشه ۸۶

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱ انواع سازه‌های دریایی ۷
شکل ۲-۲ سکوهای ثابت نوع شابلونی ۸
شکل ۲-۳ سکوهای وزنی بتنی ۹
شکل ۲-۴ سکوهای خودبالابر (Jack Up) ۱۰
شکل ۲-۵ سکوهای پایه کششی ۱۱
شکل ۲-۶ سکوهای نیمه‌شناور (Spar Platform) ۱۲
شکل ۲-۷ سکوهای متکی به یک نقطه ۱۳
شکل ۲-۸ مودهای خرابی سازه‌های دریایی ۱۷
شکل ۳-۱ الف- اثرات عمق آب بر روی اعضای سکو، ب- اندرکنش خاک و سازه ۲۳
شکل ۳-۲ مدل شمع-خاک-سازه با میراگرهای ویسکوز /هیسترتیک موازی (سمت راست) و میراگرهای ویسکوز /هیسترتیک سری (سمت چپ) ۳۱
شکل ۳-۳ نمای کلی از قاب مورد آزمایش توسط Zayas et al ۳۳
شکل ۳-۴ مفهوم منحنی ظرفیت سازه ۳۵
شکل ۳-۵ ارزیابی عملکرد اعضای یک سکوی نفتی با روش معرفی شده در آیین نامه FEMA-۳۵۶ برای ساختمان‌های معمولی، با شاخص‌های قطعی برای بار زلزله ۳۶
شکل ۳-۶ نتیجه تحلیل دینامیکی افزایشی یک ساختمان ۳۷
شکل ۳-۷ الف- روند بدست آوردن منحنی ظرفیت SIWA ب- سطح پیش‌گیری از فروریزش ۳۹
شکل ۳-۸ آزمایش فرضی برای توضیح روش زمان‌دوام ۴۰
شکل ۳-۹ آزمایش مفهومی موج‌دوام بر روی سه سکو ۴۲
شکل ۳-۱۰ نمونه ای از تحریک EWA (a) و MEWA (b) وطیف متناظر آنها ۴۳
شکل ۳-۱۱ ارتفاع موج مشخصه و دوره تناوب پیک طیفی و دوره بازگشت متناظر با آن در خلیج‌فارس ۴۵
شکل ۴-۱ توصیه API برای انتخاب تئوری موج ۵۳
شکل ۴-۲ اثر داپلر در تغییر زمان تناوب امواج ۵۴
شکل ۴-۳ المان PIPE۲۸۹ در نرم‌افزار ANSYS ۵۶
شکل ۴-۴ نمای گرافیکی از مراحل بدست آوردن منحنی ظرفیت موج افزایشی ۵۹
شکل ۴-۵ منحنی ظرفیت موج افزایشی استاتیکی برای سکوی SPD۲ ..... ۶۰
شکل ۴-۶ نمودار ظرفیت تحلیل دینامیکی موج افزایشی برای سکوی SPD۲ ..... ۶۱
شکل ۴-۷ مقایسه میان تحلیل دینامیکی و استاتیکی موج افزایشی ۶۲
شکل ۴-۸ فنرهای غیر خطی جهت مدل سازی خاک زیر بستر دریا ۶۳
شکل۵-۱ منطقه نفتی فروزان در خلیج‌فارس ۶۷

شکل ۵-۲ موقعیت سکوی FX ۶۸
شکل ۵-۳ مدل سازه سکوی FX در نرم‌افزار ANSYS ۶۹
شکل ۵-۴ مدل سازه سکوی FX در نرم‌افزار SACS ۵,۳ ..... ۷۰
شکل ۵-۵ نحوه توزیع جرم عرشه سکوی FX در نرم‌افزار ANSYS ۷۱
شکل ۵-۶ منحنی ظرفیت موج افزایشی برای راستای صفر درجه ۷۳
شکل ۵-۷ منحنی ظرفیت موج افزایشی برای راستای ۹۰ درجه ۷۴
شکل ۵-۸ منحنی ظرفیت موج افزایشی برای راستای ۱۸۰ درجه ۷۵
شکل ۵-۹ منحنی ظرفیت موج افزایشی برای راستای ۲۷۰ درجه ۷۶
شکل ۵-۱۰ منحنی ظرفیت موج افزایشی برای راستای صفر درجه در حالت توزیع یکنواخت جرم عرشه ۷۸
شکل ۵-۱۱ منحنی ظرفیت موج افزایشی برای راستای صفر ۹۰ در حالت توزیع یکنواخت جرم عرشه ۷۹
شکل ۵-۱۲ منحنی ظرفیت موج افزایشی برای حالت بدون جرم عرشه ۸۱
شکل ۵-۱۳ منحنی ظرفیت موج افزایشی برای حالت نصف جرم عرشه (۰,۵M) ۸۲
شکل ۵-۱۴ منحنی ظرفیت موج افزایشی برای حالت ۱,۵ برابر جرم عرشه (۱,۵M) ۸۳
شکل ۵-۱۵ منحنی ظرفیت موج افزایشی برای حالت ۲ برابر جرم عرشه (۲M) ۸۴
شکل ۵-۱۶ منحنی ظرفیت موج افزایشی برای حالت ۲,۵ برابر جرم عرشه (۲,۵M) ۸۵
شکل ۵-۱۷ نمودار حساسیت CWH به تغییرات جرم عرشه ۸۶

فصل ۱- مقدمه

۱-۱- مقدمه

امروزه اهمیت و نقش فعالیت مستمر سازه‌های فراساحل در کشف و استخراج منابع نفتی و گازی بر کسی پوشیده نیست. اما با توجه به تغییر شرایط هیدرودینامیکی مناطق (موج، جریان، باد) که می‌تواند ناشی از تغییر اقلیم مناطق و یا کامل شدن اطلاعات مربوط به اندازه‌گیری‌های هیدرودینامکی باشد و تغییر کاربری سازه، تغییر تعداد پرسنل و تجهیزات مستقر بر روی سکو و پایان یافتن دوره طرح سکوها باشد، لزوم ارزیابی دوباره این سازه‌ها برای ادامه فعالیت، همواره احساس شده است. از دلایل عمده این ارزیابی مجدد، شکست این سازه‌ها به علت تغییرات مذکور بوده که منجر به از رده خارج کردن سکوها یا پس از پایان دوره طرح آنها و در نتیجه ساخت سازه‌های جدید هزینه‌های بسیار بالای اقتصادی را به همراه دارد.

ارزیابی سکوهای موجود برای بررسی قابلیت ادامه بهره‌برداری از آنها با استفاده از روش‌های جدید و سپس در صورت نیاز افزایش مقاومت آنان در برابر نیروهای اعمالی انجام می‌گیرد. از لحاظ اقتصادی ارزیابی مجدد یک سکوی دریایی و ایجاد کردن زمینه‌هایی برای ادامه فعالیت آن نسبت به احداث یک سکوی جدید که انجام پروسه‌های طراحی، ساخت و نصب را به همراه دارد بسیار مقرون به‌صرفه‌تر است. ارزیابی معمولاً بعد از افزایش پرسنل سکوها، افزایش تجهیزات مستقر بر سکو و خرابی در سازه سکو، مورد نیاز است، زیرا پس از این تغییرات است که سکو در معرض احتمال شکست قرار می‌گیرد.

در بین آیین‌نامه‌هایی که در زمینه ارزیابی سکوهای دریایی معیارهایی را ارائه داده‌اند می‌توان از آیین‌نامه‌های ISO ۱۹۹۰۰ و API RP ۲A نام برد.

۱-۲- اهمیت موضوع

سکوهای فراساحلی نفتی سال‌هاست که در فعالیتهای استخراج نفت در خلیج‌فارس استفاده می‌شوند. سکوهای موجود در خلیج‌فارس برای عمر مفید ۲۵ سال ساخته شده‌اند. بسیاری از این سازه‌ها عمر مفید خود را گذرانده‌اند یا در آستانه اتمام عمر مفید هستند و یا درطول دوره بهره‌برداری خود، شاهد تغییراتی در تعداد نیروی انسانی، تجهیزات و سازه خود بوده‌اند.

علاوه بر این، شرایط هیدرودینامیکی (موج، باد و جریان) در خلیج‌فارس، شرایط اقلیمی در دهه‌های اخیر نیز تغییر نموده است. از اینرو سازه‌های دریایی در معرض خطراتی چون شکست و فروریزش کلی و جزیی قرار دارند، زیرا بسیاری از این تغییرات که در نیروهایی محیطی و سازه سکوهای دریایی در طول دوران بهره‌برداری آنها اتفاق افتاده‌اند در زمان طراحی آنها مدنظر قرار نگرفته است، با توجه به این تغییرات و پایان یافتن عمر طرح این سکوها ریسک استفاده از آنها بالا می‌رود. از طرفی جایگزین کردن این سکوهای جدید با توجه با هزینه‌های بالای طراحی، ساخت و نصب سکوها مقرون به‌صرفه نیست.

با توجه به ارزش اقتصادی این سازه‌ها و از طرفی جایگزین کردن این سکوها با سکوهای جدید با توجه به هزینه بالای طراحی و ساخت و ضرورت تداوم استفاده، لازم است قابلیت ادامه بهره‌برداری از این سکوها مورد ارزیابی قرار گیرد. به همین دلیل، بسط و گسترش مفاهیم مرتبط با ارزیابی سکوهای دریایی و آشنایی با مراحل انجام آن لازم و ضروری به نظر می‌رسد.

۱-۳- سوالات و فرضیات

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 و گزارش شدن مواردی از شکست سکوهای دریایی اخیر به علت نیروهای اعمال شده از جانب نیروهای هیدرودینامیکی، بررسی نقش و میزان تاثیر آن بر ارزیابی طول عمر سکوهای دریایی موجود برای ادامه بهره‌برداری دارای اهمیت بسیار است.

۱-۴- هدف تحقیق

هدف از انجام این تحقیق ارزیابی سکوهای دریایی و محاسبه ظرفیت است. مبنای کار در این تحقیق ارزیابی به روش آنالیز موج افزایشی است.

۱-۵- خلاصه روش تحقیق

در این تحقیق برای رسیدن به نتایج مورد بررسی، به مطالعه موردی یک سکو در خلیج‌فارس پرداخته می‌شود. برای این هدف از مدلسازی کامپیوتری با نرم‌افزار ANSYS استفاده می‌شود و با استفاده از ماژول APDL این نرم‌افزار به تحلیل ارزیابی ادامه قابلیت بهره‌برداری از این سکوها می‌پردازیم. در این پایان‌نامه از روش تحلیلی و مدلسازی و مطالعه موردی استفاده شده است.

۱-۶- ساختار پایان‌نامه

مرحله اول: در این مرحله به بررسی مبانی و مفاهیم موجود در ارزیابی سکوهای دریایی می‌پردازیم و در ابتدا به معرفی انواع سکوهای دریایی به مبانی کلی مطرح شده در زمینه ارزیابی سکوهای دریایی و به بایدها و نبایدهای مرتبط با این امر پرداخته می‌شود.

مرحله دوم: در این مرحله به تحقیقات و اقدامات صورت گرفته توسط محققین در زمینه ارزیابی سکوها پرداخته می‌شود و با اشاره به مراحل تحقیقات، روش‌های بکار رفته در این تحقیقات بیان می‌شود.

مرحله سوم: در این مرحله بارهای جانبی وارد بر سکوهای دریایی بررسی می‌شوند و روابط ارائه شده برای محاسبه آنها و مبانی مربوط با این نیروها بیان می‌گردد. در آخر نرم‌افزار ANSYS و مبانی مرتبط با مدلسازی و تحلیل در این نرم‌افزار بیان می‌گردد.

مرحله چهارم: در این مرحله سکوی دریایی و فعال در خلیج‌فارس که در حوزه نفتی فروزان قرار دارد انتخاب می‌شود و با استفاده از گزارشات بازرسی و مشخصات هندسی آنها، در نرم‌افزار ANSYS مدلسازی می‌شوند و با استفاده از این نرم‌افزار و مبانی ارزیابی به روش موج افزایشی، درباره قابلیت ادامه بهره‌برداری این سکوها اظهارنظر می‌شود.

مرحله پنجم: در این مرحله به بررسی پارامترهای ارزیابی به روش موج افزایشی و مقایسه آن با تحقیقات گذشته و همچنین با و بدون در نظر گرفتن اندرکنش خاک و سازه پرداخته می‌شود.

مرحله ششم: در این مرحله به جمع‌بندی و نتیجه‌گیری از کلیه مباحث ارائه شده در تحقیق علی‌الخصوص نتایج حاصل از تحلیل سکوهای دریایی پرداخته می‌شود.

فصل ۲- اصول، مفاهیم و مبانی نظری

۲-۱- مقدمه

افزایش روزافزون جمعیت و نیاز به تامین انرژی انسان را وادار نموده است تا به جستجوی منابع انرژی فسیلی حتی در زیر دریاها و اقیانوس‌ها بپردازد. بیش از یک قرن پیش انسان برای اولین بار در جستجوی نفت پا به دریا نهاد و حدود ۷۰ سال پیش بود که اولین سازه فلزی در آب‌های خلیج مکزکیو اجرا شد. همچنین حدود ۴۵ سال قبل بود که به دلیل قیمت‌های سر به فلک کشیده نفت فعالیت‌های فراساحل به طور باورنکردنی توسعه یافت و همین طور حدود ۳۰ سال پیش بود که دوره سود طلایی پایان یافت و صنعت فراساحل با چالش‌های بزرگی مواجه شد اما صنعت فراساحل به اندازه کافی برای مقابله با این چالش‌ها پیشرفت کرده بود. امروزه خلیج مکزیک را زادگاه صنعت سازه‌های دریایی می‌نامند و بلوغ این صنعت در دهه ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ شکل گرفت

۲-۲- تاریخچه ساخت سکوهای دریایی

اولین بار در سال ۱۸۸۷ برای استخراج نفت در سواحل کالیفرنیا یک سکوی فراساحل ساخته شد و بعد از آن سکوهایی در همان ابعاد و شکل در سایر نقاط آمریکا برای استخراج نفت ساخته شدند. این سازه‌ها از چوب ساخته شده بودند که با توجه به شرایط محیطی دریا چندان مناسب نبودند. به همین دلیل کم‌کم سازندگان سکوهای دریایی به فکر استفاده از سایر مصالح که سازگاری و مقاومت بالاتری دربرابر شرایط حاکم بر دریاها را داشته باشند افتادند و بدین ترتیب از سال ۱۹۴۰ به بعد ساخت زیرسازه‌های بتنی و در سازه‌های دریایی و استفاده از فولاد در ساخت سکوها رواج پیدا کرد.

در ایران نیز به علت وجود منابع سرشار نفت و گازدر سواحل خلیج‌فارس از ۵۰ سال پیش تا کنون سکوهای بسیاری طراحی و نصب شده‌اند که با توجه به نیاز روزافزون ایران و سایر کشورها، توسعه سریعتر تکنولوژی‌های مربوط با طراحی، ساخت، نصب، بهره‌برداری و نگهداری سکوهای دریایی در کشورمان را ضروری می‌کند.

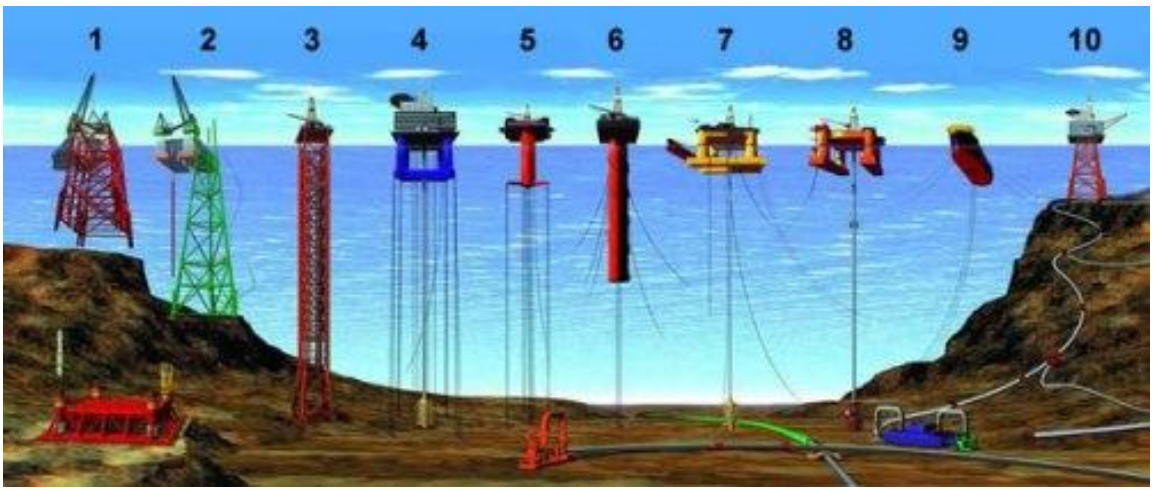
۲-۳-انواع سکوهای دریایی

رایج‌ترین طبقه‌بندی سازه‌های فراساحلی عبارتند از:

- سکوهای شابلونی (Jacket)
- سکوهای خودبالابر (Jack up)
- سکوهای حفاری غوطه‌ور یا مغروق (Submersible)
- سکوهای حفاری نیمه‌غوطه‌ور (Semi-Submersible)
- سکوهای پایه کششی (Tension Leg)
- سکوهای متکی به یک نقطه[۱] (SPM)
- سکوهای وزنی بتنی (Gravity)

[۱] Single Point Mooring

- کشتی حفاری (Drill Ship)
- سکوهای قطبی



شکل ۲-۱ انواع سازه‌های دریایی

شکل ۲-۱ انواع گوناگون سازه‌های دریایی نفتی و گازی را نشان می‌دهد. طرح‌های گوناگونی جهت حفاری، مدیریت تولید، ذخیره نفت خام و بارانداز (offloading) می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. شماره ۱ و ۲ سکوهای پایه ثابت هستند؛ شماره ۳ یک سکوی برجی مهارشده (compliant tower) است؛ شماره ۴ و ۵ که به صورت عمودی بوسیله کابل مهار گردیده‌اند (vertically moored)، سکوهای پایه کششی و سکوی پایه کششی کوچک (mini- tension leg) هستند؛ شماره ۴، سکوی پایه کششی مگنولیای شرکت کونوکوفیلیپس است)؛ شماره ۶ یک سکوی شناور ستونی اِسپار(spar) است؛ شماره‌های ۷ و ۸ سکوهای نیمه‌شناور (semi-submersible) هستند؛ شماره ۹ یک تاسیسات تولید، ذخیره و بارانداز (FPSO) است؛ و نهایتاً شماره ۱۰ یک تاسیسات تکمیلی (completion) زیردریایی و پس‌آویز[۱] به تاسیسات میزبان است.

۲-۳-۱- سکوهای ثابت نوع شابلونی

این نوع سکوها معمولاً در آبهای کم‌عمق نصب می‌گردند. امروزه از این نوع سکوها در اعماق ۳۱۵/۵ متری نیز نصب شده است ولی معمولاً بیشتر تا عمقی حدود ۱۰۰ متر از آنها استفاده می‌گردد. نام‌گذاری این سکو بدین سبب است که از پایه‌های سکو به عنوآنهادی جهت نصب شمع‌ها استفاده می‌شود (شمع‌ها از داخل پایه سکو یا از خارج و متصل به پایه سکو کوبیده می‌شوند) به این سکو اصطلاحاً سکوی جکت[۲] نیز گفته می‌شود.

در کشور ما که اکثر سکوهای فراساحل در خلیج‌فارس قرار گرفته است به علت عمق کم خلیج‌فارس که کمتر از صد متر است و همچنین در دسترس بودن تکنولوژی آن جهت ساخت، حمل و نصب آن و مقرون به‌صرفه بودن احداث آنها با توجه به عمق خلیج‌فارس از نوع سکوهای ثابت شابلونی است.

ساخت و نصب سکوی ثابت از سال ۱۹۵۵ در خلیج‌فارس متداول گردید و در سال ۱۹۶۴ اولین سکوی ثابت در آبهای ایران نصب گردید.

---

[۱] پس‌آویز (tie-back): ارتباط یا اتصالی بین منابع نفت و گاز جدید با تاسیسات تولیدی موجود است که میدان‌هایی که عمر اقتصادی آنها رو به اتمام است (Marginal fields) را به موجودی‌هایی مقرون به‌صرفه مبدل می‌گرداند.

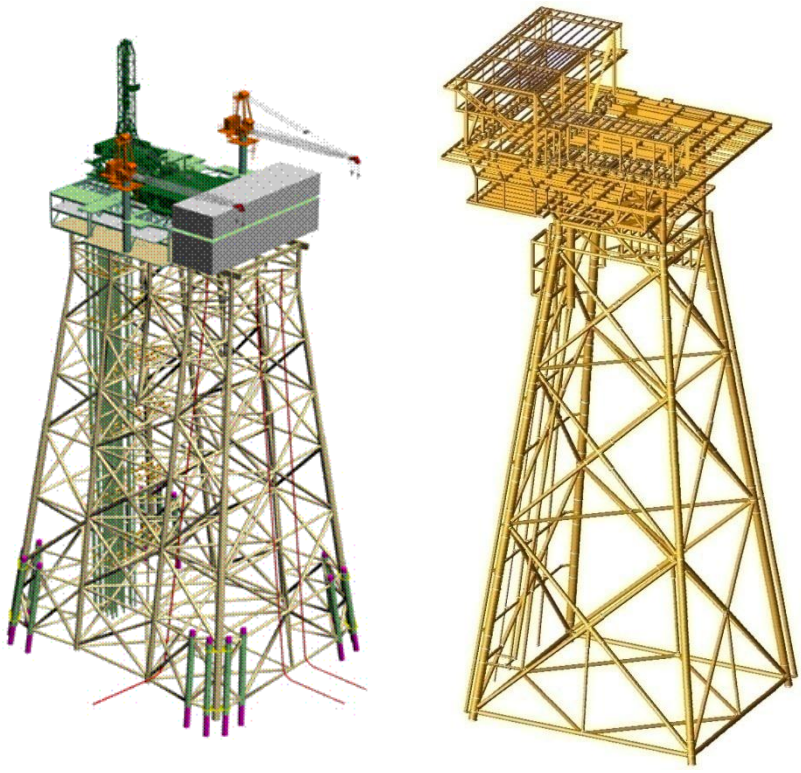
[۲] Jacket

این نوع سکوها شامل قسمت‌های زیر هستند:

۱. جکت یا یک قاب فضایی که به عنوان پایه‌ای برای نصب شمع‌ها استفاده می‌شود و شمع‌ها از داخل پایه سکو یا از کنار چسبیده به آن کوبیده می‌شوند. نقش دیگر جکت ایجاد مهار جانبی برای شمع‌ها است.
۲. شمع‌ها که منتقل‌کننده بار افقی و عمودی دائمی به کف دریا هستند.
۳. روسازه[۱] که شامل خرپاهای فضایی و عرشه‌های ضروری جهت تحمل بارهای بهره‌برداری و دیگر بارها است.

روش نصب این سکوها به این صورت است که ابتدا جکت در ساحل و معمولاً به صورت خوابیده ساخته می‌شود. پس از اتمام عملیات ساخت جکت، توسط یدک‌کش‌هایی آن را به سمت محل مورد نظر در دریا برده و با پر شدن پایه‌ها و سنگین شدن پایه‌ها جکت در آب غرق می‌شود. سپس شمع‌ها کوبیده می‌شوند. بعد از آن روسازه بر روی شمع‌ها جوش و محکم می‌شود.

یکی از روش‌های نصب روسازه روش لیفت است که برای سکوهای سبک و کوچک به کار می‌رود. در این روش بعد از نصب جکت، روسازه توسط یک جرثقیل بلند شده و روی آن قرار می‌گیرد. اما روش دیگر روش شناورسازی است. در این روش روسازه توسط یک بارج مخصوص که FLB نام دارد حمل می‌شود. پس از رسیدن به جکت و موازی شدن روسازه با پایه‌ها، بارج مخازن خود را پر کرده و در دریا فرو می‌رود. به این ترتیب روسازه پایین می‌آید و روی جکت قرار می‌گیرد. بعد از انجام عملیات جوشکاری و محکم‌کاری، بارج از زیر روسازه بیرون می‌آید.



شکل ۲-۲ سکوهای ثابت نوع شابلونی

[۱] Super Structure or Deck