بسم الله الرحمن الرحيم

١٠٢٢١٣

دانشگاه هرمزگان

دانشکده فنی–مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران – سازه های دریایی

عنوان پایان نامه :

بررسی اثر امواج گروهی بر سکوهای برجی مهار شده با شرایط تکیه گاهی مختلف

استاد راهنما :

دکتر احمد رهبرزنجی

استاد مشاور :

دکتر محمدجواد کتابداری

دانشجو :

ابراهیم حسنی

بهمن ماه ۸۶

۱۳۸۷ / ۲ / ۱۷

۱۰۲۲۱۳

راه فانی گشته راهی دیگر است　　زانکه هشیاری گناهی دیگراست

آتشی درزن به هردو تا به کـی　　پرگره باشی ازاین هر دو چو نی

تا گـــره با نی بود همراز نیست　　هم نشـــین آن لب و آواز نیست

ای خبرهات از خبرده بی خبـــر　　توبه ی تو از گناه تو بتـــــــــر

جست و جوئی از ورای جستجو　　من نمـــــی دانم تو می دانی بگو

حال وقالی از ورای حال و قال　　غرقه گشته در جمـــال ذوالجلال

غرقه ای نی که خلاصی باشدش　　یا بجـــــز دریا کسی بشناسدش

(حضرت مولانا)

تقدیم به :

پدر عزیزم

آن اسوه باشکوه ،که بدینجا رسانیدم
امتداد اندیشه های بلندش
پاسخی به زحمات بی دریغش
وبوسه ایست بر دستانش

مادر مهربانم

آن نادره وجود ،که وجودم همه از اوست
ودستان دعا پیشه وقلب مهربانش
همواره رهگشای من است

و همسر عزیز تر از جانم

قدردانی و تشکر

در اینجا لازم می دانم از اساتید محترم،جناب آقای دکتر احمد رهبر رنجی و جناب آقای دکترمحمد جواد کتابداری که مرا در انجام این تحقیق یاری نمودند صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم.

چکیده

نیاز انسان به انرژی برای بقاء و همچنین محدودیت منابع انرژی در خشکی باعث شده است که انسان از خشکی به سمت دریا سوق داده شود . در این میان استخراج نفت و گاز از دل دریاها در آب عمیق در دو دهه اخیر بشدت گسترش یافته است و این مهم تجهیزات لازم و تکنیکهای بدیعی را می طلبد .

سکوهای برجی مهار شده یکی از انواع سکوهایی هستند که برای استفاده در آبهای نیمه عمیق و عمیق پیشنهاد شده اند . این سکوها از یک پایه خرپایی بلند و لاغر تشکیل شده اند که از صلبیت کافی در برابر حمله امواج برخوردار نیست . لذا باید تمهیدات اضافی از جمله ایجاد مهار و ایجاد گیر داری مناسب در تکیه گاه آن پیش بینی شود.

از طرف دیگر امواج گروهی ، امواج خطر ناک دریا هستند. این امواج قادرند مهار سکوهای شناور یا کشتیها را پاره کرده و حتی از روی کشتی عبور نمایند (deck wetness).

گسترش اکتشافات و استخراج منابع نفتی در دریای خزر نیاز به بررسی طرح و ساخت سکوهای آب عمیق برای این منطقه را ایجاد کرده است .یکی از انواع سکوهایی که برای این منطقه مناسب بنظر می رسد سکوی برجی مهار شده می باشد .

در این تحقیق دانشجو ضمن مدل کردن یک سکوی نمونه از این نوع سکوها با نرم افزار ansys و انتخاب مهار مناسب وشرایط تکیه گاهی مناسب برای آن ، تغییر شکلها و نیروهای ایجاد شده در این سکوها را تحت اثر امواج گروهی مورد بررسی قرار می دهد . بنظر می رسد رابطه معکوسی بین درجه گیرداری تکیه گاه و تعداد مهارها وجود داشته باشد. دراین میان حرکات عرشه سکوها (sea keeping) و مقایسه آن با مقادیر مجاز آئین نامه ای در حالات مختلف شامل اکتشافات ، استخراج و بهره برداری و بقاء در دریا درحالات طوفانی (survivability) نیاز به مطالعه و پژوهش دارد.

فهرست شکل ها و جداول

شکل		صفحه
۱-۱	سکوی برجی مهار شده	۴
۱-۲	سکوی نیمه غوطه ور با هشت ستون	۶
۱-۳	سکوی پایه کششی و اجزای آن	۸
۱-۴	خطوط جریان در اطراف مقاطع مختلف	۱۱
۱-۵	گسترش لایه مرزی	۱۶
۱-۶	جدایی لایه مرزی	۱۶
۱-۷	جریان اطراف مقطع دایروی	۱۷
۱-۸	ضریب درگ	۱۸
۱-۹	نمونه ای از طیف انرژی باد	۲۱
۱-۱۰	مسیر حرکت ذرات آب	۲۸
۱-۱۱	ارتباط بین حوزه زمان و حوزه فرکانس	۳۱
۱-۱۲	طیف موج	۳۲
۱-۱۳	جریانهای با تاثیر زیاد اینرسی (a) و تاثیر زیاد درگ (b)	۳۶
۱-۱۴	نیروی امواج بر یک استوانه قائم	۳۹
۱-۱۵	نیروی امواج بر استوانه های افقی	۳۹
۱-۱۶	نیروی امواج بر استوانه های مایل	۴۱
۱-۱۷	تغییرات نیروی امواج	۴۱
۱-۱۸	ضریب C_m در اعداد رینولدز مختلف	۴۲
۱-۱۹	تاثیر زبری بر ضریب درگ	۴۳
۱-۲۰	ضریب C_m در حالات مختلف	۴۴
۱-۲۱	ضریب C_D در حالات مختلف	۴۴
۱-۲۲	ضریب لیفت در اعداد رینولدز مختلف	۴۷
۱-۲۳	ضریب لیفت برای استوانه های زبر	۴۸
۲-۱	سکوی برجی مهاری	۵۰
۲-۲	نمایی از برج مهاری لنا	۵۱
۲-۳	نیروهای موج و اینرسی واردبر سکوهای ثابت و برجهای مهاری	۵۲
۲-۴	قسمتهای اصلی سکوی برجی مهاری	۵۲
۲-۵	نمونه یک فونداسیون مفصلی	۵۳
۲-۶	مدل تحلیلی سکوی برجی مهاری	۵۷
۲-۷	فونداسیونهای شمعی	۵۸
۲-۸	سیستم مهاری برج و وزنه های تعادل	۵۹

فهرست شکل ها و جداول

شکل

		صفحه
۲-۹	نمودار رفتار سیستم مهاری	۶۰
۲-۱۰	نمونه ۲۴ کابل مهاری تک کابله	۶۱
۲-۱۱	نمونه ۲۴ کابل مهاری جفت کابلی	۶۱
۲-۱۲	اثر کشش بر سختی کابل	۶۲
۲-۱۳	قسمتهای مختلف کابل مهاری	۶۳
۲-۱۴	اثر پیش کشیدگی بر رفتار کابل	۶۵
۲-۱۵	حرکت وزنه های تعادل نسبت به حرکت برج	۶۶
۲-۱۶	نمودار نیروی افقی فنر – جابجایی برج	۶۸
۲-۱۷	نمودار نیروی قائم فنر – جابجایی برج	۶۸
۲-۱۸	مودهای ارتعاشی سکوی برج مهاری	۷۰
۳-۱	محدودیت تیزی در آب عمیق	۸۲
۳-۲	محدوده کاربرد تئوریهای استوکس مرتبه پنج و تابع جریان و موج خطی	۸۶
۴-۱	نمودار مقایسه نیروی وارد بر سکو در امتداد محور x	۱۰۰
۴-۲	نمودار مقایسه نیروی وارد بر سکو در امتداد محور y	۱۰۰
۴-۳	نمودار مقایسه نیروی وارد بر سکو در امتداد محور	۱۰۱
۴-۴	نمودار مقایسه جابجایی عرشه سکو در امتداد محور x	۱۰۱
۴-۵	نمودار مقایسه جابجایی عرشه سکو در امتداد محور y	۱۰۲
۴-۶	نمودار مقایسه جابجایی عرشه سکو در امتداد محور z	۱۰۲

جدول

۱-۱	خلاصه مشخصه های امواج	۳۰
۱-۲	ارتفاع موج و سرعت باد ماکزیمم در نقاط مختلف	۳۴
۴-۱	جابجائی ونیروها برای موج گروهی بازوایای متفاوت(تکیه گاه گیردار)	۹۸
۴-۲	جابجائی ونیروها برای موج گروهی بازوایای متفاوت(تکیه گاه مفصلی)	۹۸
۴-۳	جابجائی ونیروها برای تک موج هم انرژی بازوایای متفاوت(تکیه گاه گیردار)	۹۹
۴-۴	جابجائی ونیروها برای تک موج هم انرژی بازوایای متفاوت(تکیه گاه مفصلی)	۹۹

فهرست مطالب

عنوان		صفحه
فصل اول :	آشنایی با انواع سکوهای آب عمیق وبارگذاری آنها	۱
۱-۱	آشنایی با انواع سکوهای آب عمیق	۲
۱-۱-۱	سکوهای برجی مهاری	۲
۱-۱-۲	سکوهای نیمه مغروق	۵
۱-۱-۳	سکوهای پایه کششی	۷
۱-۱-۴	سکوهای اسپار	۹
۱-۱-۵	سکوهای کشتی سان	۹
۱-۲	نیروهای وارد بر سکو	۱۰
۱-۲-۱	مقدمه	۱۰
۱-۲-۲	اصول تشابه	۱۲
۱-۲-۳	نیروهای ویسکوز و عدد رینولدز	۱۲
۱-۲-۳-۱	لایه مرزی	۱۴
۱-۲-۳-۲	جدایی لایه مرزی	۱۶
۱-۲-۳-۳	جریان اطراف اجسام غیر خط جریانی	۱۷
۱-۲-۴	نیروهای ناشی از باد و جریانهای دریایی	۱۹
۱-۲-۴-۱	نیروهای ناشی از باد	۱۹
۱-۲-۴-۲	نیروهای ناشی از جریان های دریایی	۲۲
۱-۲-۵	نیروهای ناشی از امواج بر سازه های دریایی	۲۲
۱-۲-۵-۱	امواج ثقلی	۲۲
۱-۲-۵-۲	تئوری امواج خطی	۲۳
۱-۲-۵-۳	نقش تئوریهای امواج در طراحی	۳۴
۱-۲-۵-۴	دسته بندی امواج	۳۵
۱-۲-۵-۵	معادله موریسون	۳۷
۱-۲-۵-۶	ضرایب درگ و اینرسی	۴۲
۱-۲-۶	نیروهای ایجاد شده بر اثر تشکیل گردابه ها	۴۵
فصل دوم :	سکوهای برجی مهار شده و دینامیک آن	۴۹
۲-۱	مفهوم کلی سکوهای برجی مهاری	۵۰
۲-۱-۱	مقدمه	۵۰
۲-۱-۲	پاسخ دینامیکی	۵۱
۲-۱-۳	تشریح برجهای مهاری	۵۲
۲-۲	بررسی طراحی سکوهای برجی مهاری	۵۴
۲-۲-۱	بارها	۵۴

فهرست مطالب

عنوان		صفحه
۲-۲-۲	شرایط بارگذاری	۵۵
۲-۲-۳	عرشه	۵۵
۲-۲-۴	برج	۵۶
۲-۲-۵	فونداسیون	۵۶
۲-۲-۶	مهار سازه	۵۹
۲-۲-۷	طراحی سیستم مهاری وزنه های تعادل	۶۰
۲-۲-۸	طراحی کابل های سیستم مهاری	۶۷
۲-۳	جنبه تحلیلی	۶۸
۲-۳-۱	مدل کردن برج مهاری	۶۸
۲-۳-۲	دینامیک برج مهاری	۶۹
۲-۳-۳	رفتار برج مهاری در برابر موج	۷۲
۲-۳-۴	آنالیز خستگی	۷۲
۲-۳-۵	آسایش انسان نسبت به حرکت عرشه	۷۵
۲-۴	روشهای آنالیز یک برج مهاری	۷۵
۲-۴-۱	آنالیز کوپل	۷۵
۲-۴-۲	آنالیز غیر کوپل شده	۷۶
۲-۵	ساخت و نصب سکوهای مهار	۷۷
۲-۵-۱	روش ساخت	۷۸
۲-۵-۲	روش نصب سکو	۷۸
فصل سوم :	تئوری موج وآشنایـــی با امواج گروهی	۷۹
۳-۱	تئوریهای ا مواج	۸۰
۳-۱-۱	تئوری موج	۸۰
۳-۱-۲-۱	تئوری امواج استوکس مرتبه پنجم	۸۲
۳-۱-۲-۲	تئوریهای دیگر امواج	۸۳
۳-۱-۳	محدوده کاربرد نظریه امواج	۸۴
۳-۲	آشنایی با امواج گروهی	۸۵
۳-۲-۱	مقدمه	۸۵
۳-۲-۲	تاریخچه	۸۶
۳-۲-۳	روش فونک و منسارد	۸۷
۳-۲-۴	روش لیست	۸۹
۳-۲-۵	روش کتابداری و کوتس	۸۹
۳-۲-۶	روش کتابداری و محمد پور (تصادفی)	۹۱

فهرست مطالب

عنوان		صفحه
فصل چهارم :	مدلسازی بوسیله نرم افـــزار	۹۲
۴-۱	فرضیات مدل	۹۳
۴-۱-۱	مشخصات هندسی	۹۳
۴-۱-۲	بارگذاری	۹۴
۴-۲	معرفی نرم افزار	۹۵
۴-۲-۱	معرفی برنامه	۹۵
۴-۲-۲	اجرای نرم افزار	۹۶
۴-۳	بررسی حساسیت	۹۷
فصل پنجم :	بحث و بـررسـی نتـایج وپیشنهاد جهت ادامه کار	۱۰۳
۵-۱	تحلیل نتایج	۱۰۴
۵-۱-۱	اثرنوع تکیه گاه،موج وجهت موج بر نیروهای وارده به عرشه	۱۰۴
۵-۱-۲	اثرنوع تکیه گاه،موج وجهت موج بر جابجایی عرشه	۱۰۵
۵-۱-۳	اثر نوع موج وارده به سکو برنیروهای وارده بر عرشه	۱۰۶
۵-۱-۴	اثر نوع موج وارده به سکو بر جابجایی عرشه	۱۰۷
۵-۲	نتیجه گیری	۱۰۸
۵-۳	پیشنهادات جهت ادامه کار	۱۰۹
منابع		۱۱۰

۱

آشنائی باانواع سکوهای آب عمیق وبارگذاری آنها

۱-۱)آشنائی با انواع سکوهای آب عمیق

۱-۱-۱)سکوهای برجی مهار شده : (Guyed tower Platform)

نوعی از سکوهای تطبیقی هستند که از یک برج باریک خرپا مانند با مهارهای کابلی یا زنجیری تشکیل شده و در انتها بوسیله شمع یا وزنه های سنگین متعادل شده اند . سازه تطبیقی به سازه ای گفته می شود کـه دارای طیـف پاسخ باشد یعنی پس از اعمال نیروهای محیطی به سازه اجازه حرکت داده می شود . عمـق مناسـب اجـرای ایـن سکوها ۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ فوت می باشد . سیستم مهار بندی بنحوی طراحی می شود که امکـان جـدا شـدن بـرج از کف دریا در شرایط خیلی بد آب و هوایی وجود داشته باشد این نوع سکوها تقریباً مزایای سکوهای ثابت فولادی را دارند ولی دارای هزینه های پایین تری می باشند. اولین برج های مهار شده در خلیج مکزیک و برای حـوزه نفتـی لنا (Lena) نصب گردیده است. احداث این سکو حدود ۱۲ سال بطول انجامید و در حین سـاخت پیـشرفتها و تغییرات زیادی در نحوه طراحی و اجرای آن ایجاد شد . این برج دارای وزن فولادی ۲۴۱۰۰ تن و قسمت فوقـانی ۱۹۶۴۰تن بوده و در عمق ۳۰۵ متری نصب گردیده است .سیستم مهار برج فوق بوسـیله بیـست کابـل فـولادی و لنگرهایی به وزن ۱۷۹ تن تامین شده است.از محاسن این سکو هزینه کم برای نصب در اعمـاق زیـاد وهمچنـین قابل دسترس بودن وسایل و تکنولوژی آن میباشد.در دریای شمال از این نوع سکو در عمق ۴۵۷,۲ متری بوسـیله کمپانی اکسون نصب گردیده است که دارای چهار پایه به طول ۵۴۸,۶ متر و به قطر ۱,۵ تا ۲ متر میباشد.پایـه هـا به فاصله ۳۰,۵ متری از یکدیگر قرار گرفته اند وبوسیله اعضا مهاری ضربدری به یکدیگر متصل گردیده اند.سـکو دارای دو عرشه ۴۵,۷ متری در بالا میباشد. این سکو بوسیله بیست کابل بـه قطـر ۸,۹ سـانتیمتری از نـوع بـریج استرند در ارتفاع ۱۵,۲ متری زیر سطح آب نگهداری می شود.

سکوهای برجی مهارشده شامل چهار قسمت اصلی زیر می باشند :

۱- عرشه : تمامی تجهیزات و دستگاهها به روی عرشه نصب می گردند .

۲- برج : برج دارای مقطع ثابتی است که از رایزرها و انتقال دهنده ها حفاظت می کند .

۳- سیستمهای مهار : مهارها معمولاً از نوع کاتنری بصورت منفرد و یا جفت به شکل متقارن نـصب مـی گردنـد. آنها در مقابل محیط پیرامون خود بوسیله روکش یا عملیاتهای دیگر حفاظت می شوند .کابلها کـاملاً زیـر آب قـرار میگیرند تا با شناورها تداخلی ایجاد نکنند .

۴- فونداسیون : این نوع سکوها معمولاً دارای ۲ نوع فونداسیون می باشند :

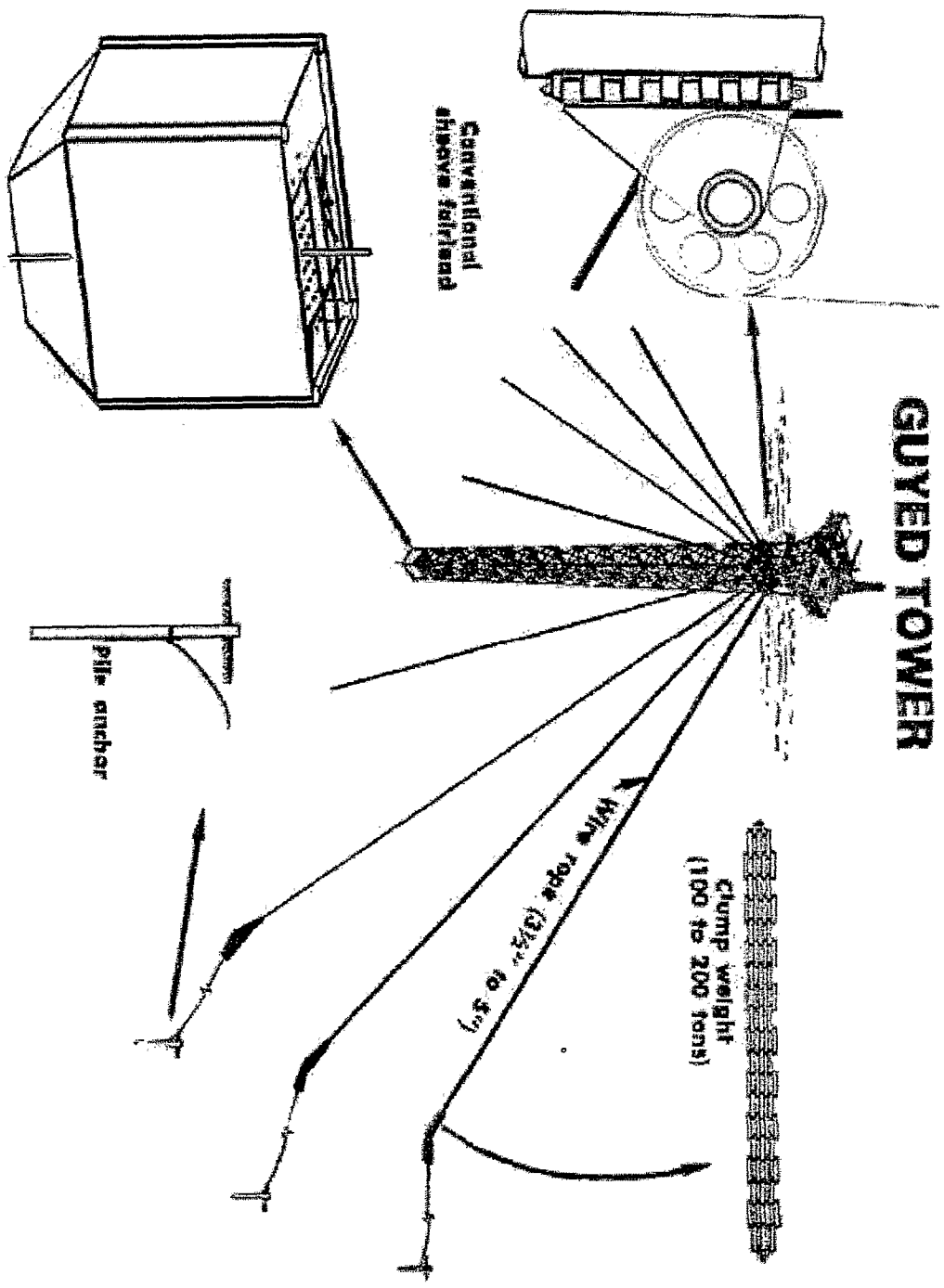
۱-۴- فونداسیونهای مفصلی : به این نوع فونداسیونها فقط بارهای عمودی واردمی شودوبه روی خاک بصورت لغزنده عمل می کنند.

۲-۴- فونداسیونهای شمعی : نوع دیگر فونداسیون شمعی می باشد که بوسیله کوبیدن تعدادی شمع نزدیک به مرکز برج ایجاد می شود این شمعها در طول برج امتداد می یابند ودرقسمت بالای برج به برج جوش می شوند .

از انواع سکوهای برجی میتوان به برجهای مهار شده ، برجهای شناور ، برجهای انعطاف پذیر ، برجهای شمعی تطبیقی و برجهای مفصلی اشاره کرد.

برجهای مفصلی شامل یک ستون قائم به همراه اتاقکی شناور در نزدیکی کف دریا می باشند .که کل سازه توسط یک اتصال به کف دریا متصل شده است. این برجها میتوانند بصورت لوله ای یا شبکه خرپایی فولادی ساخته شوند. در طراحی ، هدف این است که فرکانس اصلی سازه به اندازه کافی از فرکانس امواج کمتر باشد.این نوع سازه ها برای اعماق ۱۰۰ تا ۵۰۰ متر مناسب است. از برجهای مفصلی می توان به عنوان پایانه ها ، برج کنترل ویا محل فراوری کامل استفاده نمود.

معمولا سازه برج بصورت یک جسم صلب دارای یک یا دو درجه آزادی چرخشی مدلسازی می شود. در حالت دو بعدی یک درجه آزادی ودر حالت سه بعدی دو درجه آزادی چرخشی وجود دارد. با تحلیل برج مفصلی ، مقدار فرکانس اول آن برابر صفر بدست می آید که موید حرکت صلب می باشد و با کاهش قطر برج ، مودهای خمشی حاکم می شوند.



شکل (۱-۱) سکوی برجی مهار شده[۴]

۲-۱-۱)سکوهای نیمه مغروق : (Semi Submersible Platform)

این نوع سکوها معمولاً دارای پنتون هستند که تامین کننده شناوری سکو می باشند .در طول زمان شناوری چنین سکوهایی مشاهده می شود که این سکوها در پاسخ به تحریک امواج دریا حرکت کمی را به نمایش می گذارند.

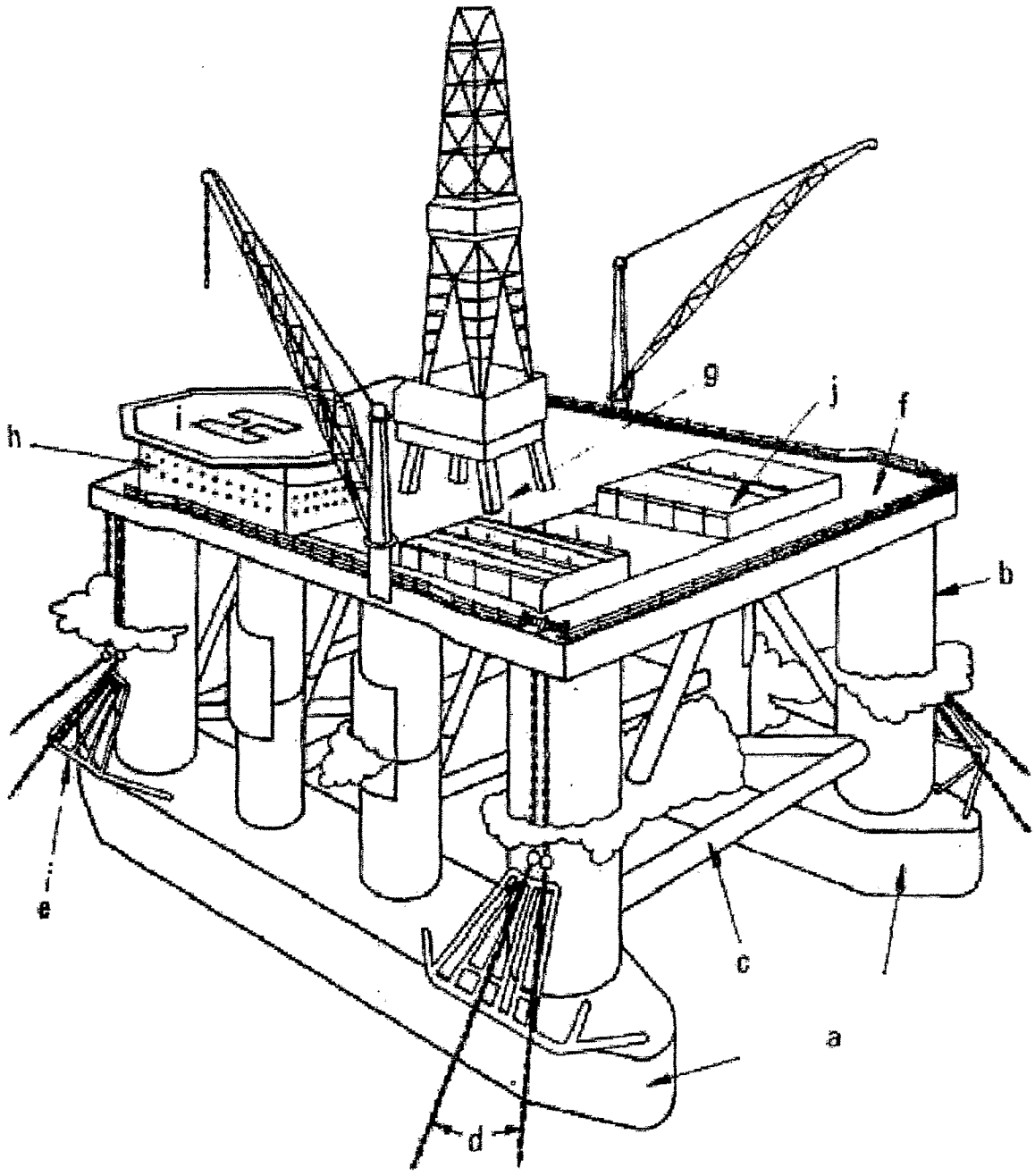
سکوی فوق بوسیله مهارهای کابلی یا زنجیری نگه داشته می شود .دکل سکو دارای یک سوراخ بزرگ بنام مون پول در مرکز است که فعالیتهای حفاری از طریق آن انجام می گیرد. معمولاًدارای فضای مسکونی جهت اسکان کارکنان می باشد .دارای باند هلیکوپتر ، موتورهای رانش ، جرثقیل و بسیاری از ملزومات دیگر هستند.

حفاری از طریق یک لوله عمودی بنام رایزر صورت می پذیرد . سیستم مهار بندی باید طوری باشد که جابجایی سکو حداکثر در دایره ای به شعاع ۷ درصد عمق صورت پذیرد در غیر اینصورت حفاری امکان پذیر نمی باشد .استفاده از مهارهای کاتنری برای عمق های بیشتر از۵۰۰ متر دشوار بوده و از شناورهایی که موقعیت آنها به صورت دینامیکی تثبیت می شود. استفاده میشود. حداکثر عمق آب و شرایط آب و هوایی که حفاری بوسیله سکوهای نیمه مغروق را امکان پذیر می نماید ، تابعی از سیستم مهاربندی و مقدار لوله حفاری در رایزر قابل حمل بوسیله سکو و قابلیت تحمل حرکت عمودی بوسیله تجهیزات حفاری است.

لوله حفاری که در انتهای آن مته حفاری قرار گرفته است از درون رایزر عبور می کند وکار حفاری را انجام می دهد. سیال روغنکاری به نام گل حفاری از درون لوله حفاری با فشار زیاد به پایین پمپ می شود و از فضای موجود بین لوله حفاری و رایزر به بالابرمی گردد. فشارگل حفاری برای گرداندن سر مته است وخود لوله حفاری با سرعتی تا ۲۵۰ دور در دقیقه دوران می کند.

گل حفاری چندین وظیفه دارد. مته را روغنکاری می کند ، باعث گردش مخروط سر مته می شود ، مواد را به سطح آب هدایت می کند و فشار هیدرواستاتیکی کافی برای مقاومت در برابر فشار احتمالی نفت وگاز را مهیا می سازد.

حرکت عمودی ناچیز ولی مهم سکو که ناشی ازضربه امواج دریا می باشد بوسیله یک اتصال لغزشی نصب شده در انتهای برج حفاری دفع می شود،یک کشنده هم نیروی رو به بالای لازم به روی رایزرها را ایجاد می کند تا این سازه همیشه در کشش باقی مانده و کمانش نکند.



Typical semi-submersible vessel:
a – submerged pontoons; b – surface piercing deck support columns; c – bracing members; d – mooring lines; e – anchor racks; f – deck structure; g – moonpool; h – accommodation; i – helicopter pad; j – drill pipe racks

شکل (۲-۱) سکوی نیمه غوطه ور با هشت ستون[۳]

۳-۱-۱)سکوهای پایه کششی : (Tension leg platform)

سکوهای پایه کششی از طرحهای جدید سکو می باشند.تقریبا نیمه مغروقند و به نحوی طراحی می گردند که در مقابل بارهای قائم بصورت شناور عمل کنند و در مقابل بارهای محیطی نیز با تغییر مکان و ایجاد حالت تعادل بین نیروهای شناوری و کششی در پایه های کششی که از نوع کابل هستند، مقاومت می نماید وحالت پایداری دارد.

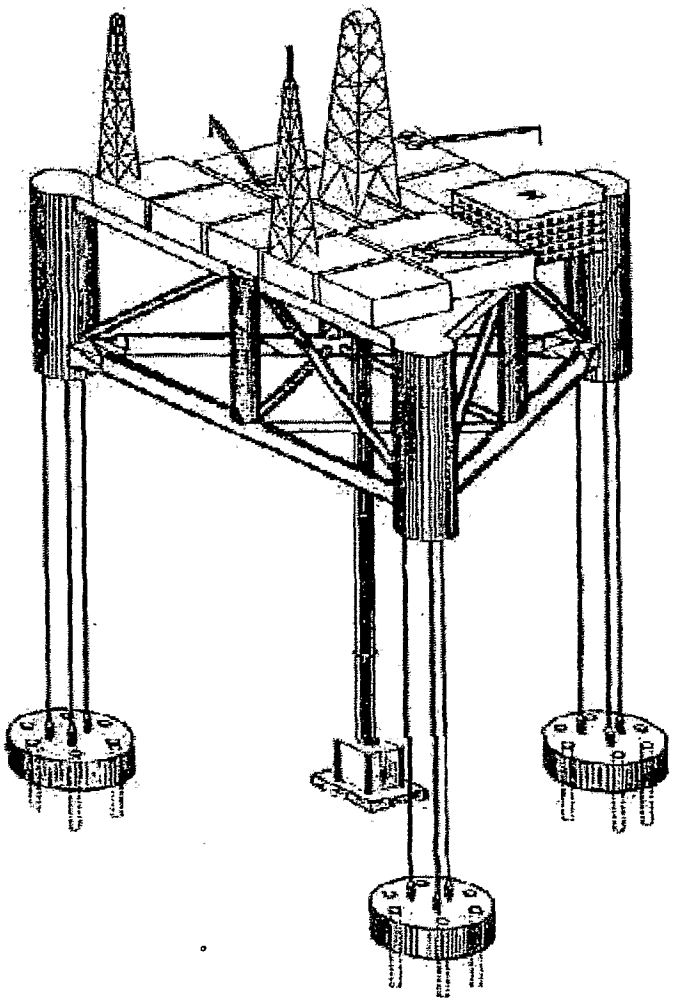
کابلهای تحت کشش بوسیله شمع به کف دریا متصل گردیده اند که باعث بوجود آمدن ۱۵ تا ۲۵ درصد نیروی شناوری اضافه می شود. این کشش ،حرکات عمودی وغلتش شناور را به شدت تقلیل می دهد.

از مهمترین محدودیتهایی که در مورد این سکوها می توان نام برد وجود نیروی اینرسی دینامیکی وابسته به امواج است که برای اعماق حدود ۹۰۰ متر و بالاتر، این مسئله اهمیت ویژه ای می یابد.

مزایای سکوهای پایه کششی

* با زیاد شدن عمق در هزینه ها افزایش قابل توجهی رخ نمی دهد.
* در اثر نیروی موج ضربه کمتری دریافت می کند.
* انتقال ، نصب وخارج نمودن آنها از سرویس آسان می باشد.
* با تغییر عمق عمدتا طول مهارها تغییر می کند.
* در مناطق لرزه خیز بهتر از سکوهای ثابت عمل می کنند.
* بعلت مقید بودن حرکت قائم ، کنترل ،تعمیر ونگهداری رایزرها ومهارها نسبتا آسان است.

اولین سکوی کششی در سال ۱۹۸۴ در حوزه نفتی هوتن (hutton) واقع در دریای شمال در عمق ۶۰۹٫۶ متری توسط شرکت بکتل نصب گردیده است .عمق مناسب اجرای این سکوها ۱۲۰ تا ۱۵۰۰ متر می باشد .



شکل (۳-۱) سکوی پایه کششی و اجزای آن[۴]

٤-١-١)سکوهای اسپار : (Spar platform)

این سکوها به صورت یک سازه استوانه ای شناور می باشند ،کـه دارای سـازه فوقـانی (عرشـه) ورایزرهـای بهـره برداری حفاری وانتقال بوده وبوسیله سیستم کاتنری به کف دریا مهار می شوند. این سکوها بـرای اعمـاق بـالای ۱۰۰۰ متر مناسب می باشند.

سکوهای اسپار در دو نوع خرپایی و کلاسیک ساخته می شوند کـه در نـوع خرپـایی، بخـشی از اسـتوانه بـا خرپـا جایگزین شده است.از نظر هزینه نوع خرپایی بر کلاسیک ارجح است.در مدل سازی این نوع سکوها هر خط مهـار بصورت یک فنر غیرخطی در نظر گرفته می شود.پریود حرکت عرضی سکوهای اسپار در حدود چنددقیقه بوده ونیز پریود حرکت قائم آن حدود نیم دقیقه می باشد.

٥-١-١)سکوهای کشتی سان : (Ship-type platform)[٤]

از این سکوها عمدتا جهت حفاری در اعماق زیاد (بالای ۲۰۰ متر) استفاده می گردد. بوسیله این سکو نمونـه هـای آزمایشگاهی در جایی که عمق آب برابر ۱۹۲۵ متر بوده از عمق ۸۴۱ متری زیـر کـف اقیـانوس نیـز گرفتـه شـده است.حداقل عمق عملیاتی بوسیله پایداری تثبیت کننده سکو تعیین می شود. در حفاری اختلاف تغییر مکان ابتدا و انتهای میله حفاری باید در حدود زاویه ۳ درجه از قائم محدود گردد ،که این تولرانس در اعماق زیاد خیلی راحتـر از اعماق کم برآورده می گردد. در نتیجه با این نوع سکو کار در اعماق زیاد راحت تر می باشـد.در آبهـای کـم عمـق برای تثبیت می توان از لنگر استفاده کرد ،اما در اعماق زیاد باید از تثبیت کننده دینامیکی اسـتفاده کـرد.جابجـایی این سکوها آسان است وهزینه های حفاری بوسیله آنها به مراتب خیلی کمتر از دیگر وسایل می باشد.ضمنا هزینه بیمه آنها نیز پایین تر می باشد.