جمهوری اسلامی ایران

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

آیین‌نامه طراحی بنادر و سازه‌های دریایی ایران

نشریه شماره ۹-۳۰۰

(سکوهای دریایی)

معاونت امور فنی

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

http://tec.mporg.ir

وزارت راه و ترابری

معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری

پژوهشکده حمل و نقل

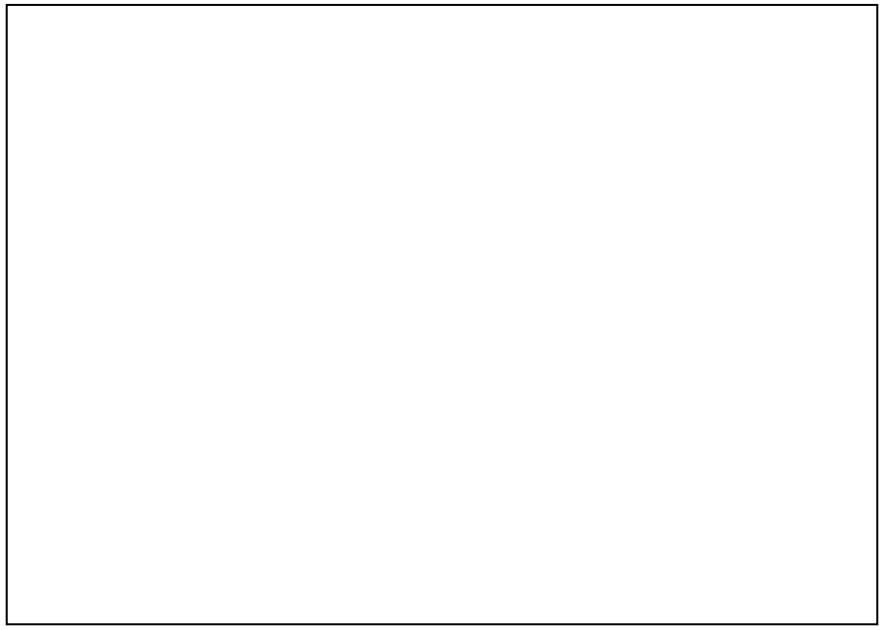
www.rahiran.ir

۱۳۸۵

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فهرستبرگه



omoorepeyman.ir

ریاست جمهوری
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
رئیس سازمان

بسمه‌تعالی

به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	شماره : ۱۰۰/۲۰۰۴۰
	تاریخ : ۱۳۸۵/۲/۱۱

موضوع : آیین‌نامه طراحی بنادر و سازه‌های دریایی ایران (سکوهای دریایی)

به استناد آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی، موضوع ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و در چارچوب نظام فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور مصوبه شماره ۲۴۵۲۵/ت۱۴۸۹۸هـ مورخ ۱۳۷۵/۴/۴ هیأت محترم وزیران به پیوست، نشریه شماره ۹-۳۰۰ دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله این سازمان، با عنوان «**آیین‌نامه طراحی بنادر و سازه‌های دریایی ایران (سکوهای دریایی)**» از نوع گروه سوم، ابلاغ می‌شود.

دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر می‌توانند از این نشریه به عنوان راهنما استفاده کنند و در صورتی که روش‌ها، دستورالعمل‌ها و راهنماهای بهتری در اختیار داشته باشند، رعایت مفاد این نشریه الزامی نیست.

عوامل یاد شده باید نسخه‌ای از دستورالعمل‌ها، روش‌ها و یا راهنماهای جایگزین را برای دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، ارسال دارند.

فرهاد رهبر
معاون رییس جمهور و رییس سازمان

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

اصلاح مدارک فني

خواننده گرامي:

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور با استفاده از نظر کارشناسان برجسته، مبادرت به تهیه این دستورالعمل نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این رو، ***از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی، مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:***

۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۲- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.

۳- در صورت امکان، متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.

۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

کارشناسان این دفتر نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، خیابان شیخ بهایی، بالاتر از ملاصدرا، کوچه لادن، شماره ۲۴
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله
صندوق پستی ۴۵۴۸۱- ۱۹۹۱۷
E-mail: tsb.dta@mporg.ir
Web: http://tec.mporg.ir

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

بسمه‌تعالی

پیشگفتار

استفاده از ضوابط و معیارها در مراحل تهیه (مطالعات امکان‌سنجی)، مطالعه، طراحی و اجرای طرحهای تملک دارایی سرمایه‌ای به لحاظ توجیه فنی و اقتصادی طرحها و ارتقای کیفیت طراحی و اجرا (عمر مفید) از اهمیت ویژه برخوردار است. از این‌رو نظام فنی و اجرایی طرحهای عمرانی کشور (مصوبه شماره ۲۴۵۲۵/ت۱۴۸۹۸ هـ مورخ ۱۳۷۵/۴/۴ هیأت وزیران) به‌کارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح را مورد تأکید قرار داده است.

بنابر مفاد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور موظف به تهیه و ابلاغ ضوابط، مشخصات فنی، آیین‌نامه‌ها و معیارهای مورد نیاز طرحهای عمرانی است، لیکن با توجه به تنوع و گستردگی طرحهای عمرانی، طی سالهای اخیر سعی شده است در تهیه و تدوین این‌گونه مدارک علمی از مراکز تحقیقاتی دستگاههای اجرایی ذی‌ربط نیز استفاده شود. در این راستا مقرر شده است پژوهشکده حمل و نقل در معاونت آموزش، تحقیقات و فنّاوری وزارت راه و ترابری در تدوین ضوابط و معیارهای فنی بخش راه و ترابری، ضمن هماهنگی با دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، عهده‌دار این مهم باشد.

در سال ۱۳۸۲، تفاهم‌نامه‌ای با هدف همکاری و هماهنگی معاونت آموزش، تحقیقات و فنّاوری وزارت راه و ترابری و معاونت امور فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله) در زمینه تهیه ضوابط و معیارهای فنی بخش راه و ترابری، مبادله و به منظور هدایت، راهبری و برنامه‌ریزی منسجم و اصولی امور مرتبط، کمیته راهبردی متشکل از نمایندگان دو مجموعه تشکیل گردید. این کمیته با تشکیل جلسات منظم نسبت به هدایت و راهبری پروژه‌های جدید و جاری، در مراحل مختلف تعریف و تصویب پروژه‌ها، انجام، نظارت و آماده‌سازی نهایی

omoorepeyman.ir

و ابلاغ آنها، اقدامهای لازم را انجام داده است. یکی از پروژه‌های حاصل از این فرایند نشریه حاضر می‌باشد.

ایران در مرزهای شمالی و جنوبی خود حدود ۳۰۰۰ کیلومتر ساحل داشته و در سالهای اخیر سرمایه‌گذاری فراوانی در احداث بنادر، تأسیسات و سازه‌های دریایی در دستور کار دولت قرار دارد. سیاستهای کلان بخش حمل‌ونقل نیز بیانگر توجه ویژه به توسعه حمل‌ونقل دریایی می‌باشد.

در سال ۱۳۷۶ سازمان بنادر و کشتیرانی مجموعه‌ای تحت عنوان آیین‌نامه سازه‌های دریایی ایران تهیه و تدوین نمود. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور و مرکز تحقیقات و آموزش وزارت راه و ترابری از سال ۱۳۷۷ ضمن تشکیل کمیته تدوین نهایی آیین‌نامه طراحی بنادر و سازه‌های دریایی ایران، با عضویت نمایندگان سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، سازمان بنادر و کشتیرانی، معاونت ساخت و توسعه بنادر و فرودگاهها و مرکز تحقیقات و آموزش وزارت راه و ترابری، خط مشی و محورهای اصلی آیین‌نامه را ترسیم و پیگیری نمود. تنوع موضوعات مورد نظر در این بخش سبب شد تا تهیه آیین‌نامه مذکور در یازده بخش مجزا تقسیم‌بندی و توسط گروههای کاری جداگانه تدوین آن صورت پذیرد. این یازده بخش عبارتند از:

۱- ملاحظات محیطی و بارگذاری

۲- مصالح

۳- مکانیک خاک و پی

۴- اصول و مبانی مطالعات و طراحی بنادر

۵- موج‌شکنها و سازه‌های حفاظتی

۶- سازه و تجهیزات پهلوگیری

۷- آبراهه و حوضچه

۸- تسهیلات و تجهیزات بهره‌برداری و پشتیبانی بنادر

۹- سکوهای دریایی

۱۰- ملاحظات زیست‌محیطی بنادر ایران

۱۱- سازه و تجهیزات تعمیر شناور

omoorepeyman.ir

مقدمه بخش نهم (سکوهای دریایی)

فناوری سکوهای دریایی در طول چند دهه گذشته توسعه و پیشرفت چشمگیری داشته است. اگر چه این سکوها اغلب در صنایع نفت و گاز مورد استفاده قرار می‌گیرند، لیکن کاربرد آنها در فعالیتهایی نظیر استفاده از انرژیهای دریایی، مقاصد ایمنی و نظامی نیز گزارش شده است. به دنبال تلاش برای بهره‌برداری از منابع زیر دریایی، تحقیقات گسترده‌ای در زمینه‌های مربوط به طراحی، ساخت و نصب این سکوها صورت گرفته و دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌هایی در این زمینه در دنیا انتشار یافته‌اند که به صورت دوره‌ای و در فواصل چند سال مورد تجدید نظر قرار می‌گیرند.

این بخش از آیین‌نامه، دربر گیرنده اصول و روشهایی است که برای طراحی، ساخت و نصب سکوهای دریایی در دهه‌های اخیر و در ارتباط با توسعه میادین نفت و گاز دریایی، متحول و کامل شده‌اند. در استفاده از این دستورالعملها، لازم است به ایمنی نیروی انسانی و قوانین و مقررات مربوطه، توجه گردد. از آنجا که فناوری سکوهای دریایی به سرعت در حال رشد و توسعه است، در بخشهایی که اطلاعات کافی موجود می‌باشد، دستورالعملهای ارایه شده دارای تفصیل کافی می‌باشند، لیکن در سایر موارد به ارایه دستورالعملهای کلی اکتفا شده است. در این موارد لازم است طراحان با در نظر داشتن روشهای مناسب مهندسی و با استفاده از نتایج آخرین تحقیقات موجود، جزئیات مربوطه را تهیه نموده و مورد استفاده قرار دهند. در فصلهایی از بخش حاضر، به آیین‌نامه مشخصات فنی برای طراحی، ساخت و مونتاژ سازه‌های فولادی برای ساختمانها (AISC) ارجاع داده شده است. در این زمینه لازم است از آخرین روایت طراحی به روش تنش مجاز ASD از این آیین‌نامه استفاده شود. استفاده از روایت طراحی به روش ضرایب بار و مقاومت LRFD، با توصیه‌های این بخش آیین‌نامه سازگار نمی‌باشد. در ضمن در این بخش، مواردی به آیین‌نامه AWS D1.1 ارجاع شده است. منظور اصلی، استفاده از آیین‌نامه در موارد مربوط به جوشکاری و ساخت سکوها می‌باشد، لیکن در مواردی که در این بخش دستورالعملهای خاصی ارایه شده، لازم است به این دستورالعملها اولویت داده شود.

به طور کلی، این بخش در بر گیرنده اکثر موضوعهایی است که برای طراحی، ساخت و نصب سکوهای دریایی فولادی نوع جاکت مورد نیاز می‌باشند، لیکن برای انواع دیگر سکوها ضمن آن که دستورالعملهای این بخش تا حدودی که کاربرد دارند می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند، لازم است برای در نظر گرفتن

omoorepeyman.ir

موارد خاص مربوط به طراحی، ساخت و یا نصب آنها به آیین‌نامه‌ها، دستورالعملها و یا نتایج تحقیقات معتبر رجوع نمود.

در پایان از تلاش و جدیت پژوهشکده حمل و نقل وزارت راه و ترابری و سازمانها، مؤسسات و ادارات ذی‌ربط به ویژه سازمان بنادر و کشتیرانی و کارشناسان مشروح زیر که در تهیه و تدوین این مجموعه همکاری داشته و زحمات فراوانی کشیده‌اند، تشکر و قدردانی می‌نماید.

اعضای کمیته اجرایی بررسی نهایی و تکمیل آیین‌نامه

مهندس کامبیز احمدی
مهندس مرتضی بنی جمالی
مهندس بهناز پورسید
مهندس علیرضا توتونچی
دکتر محرم دولتشاهی
دکتر حمید رحیمی‌پور
مهندس محمد سعید سجادپور
دکتر محمود صفارزاده
مهندس میرمحمود ظفری
دکتر رضا غیاثی
مهندس مهران غلامی
دکتر مرتضی قارونی
مهندس افشین کلانتری
مهندس حسین مثقالی
مهندس عبدالرضا محبی
مهندس خسرو مشتریخواه

اعضای کمیته راهبردی

مهندس حمیدرضا بهرامیان
مهندس بهناز پورسید
دکتر محمود صفارزاده
مهندس میرمحمود ظفری
دکتر کیومرث عماد
مهندس مهران غلامی
مهندس طاهر فتح الهی

omoorepeyman.ir

بخش نهم (سکوهای دریایی)

دکتر علی‌اکبر آقاکوچک

دکتر علی آزرمسا

مهندس ندا جانسپار

دکتر مجید سهراب‌پور

ناظر: مهندس محمد بنایی

مجری: معاونت پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس

دکتر مهدی شفیعی‌فر

مهندس بهروز عسگریان

دکتر احمدعلی فخیمی

دکتر کبیر صادقی

مهدی تفضلی
معاون امور فنی
۱۳۸۵

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فهرست تفصیلی مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول ـ برنامه‌ریزی **۱**

۱-۱ کلیات **۳**

۱-۲ ملاحظات عملکردی ۴

۱-۲-۱ نوع عملکرد ۴

۱-۲-۲ محل قرارگیری..... ۴

۱-۲-۳ جهت قرارگیری ۴

۱-۲-۴ عمق آب ۵

۱-۲-۵ دسترسی و سیستمهای فرعی ۵

۱-۲-۶ حفاظت در مقابل آتش‌سوزی..... ۵

۱-۲-۷ تراز عرشه ۵

۱-۲-۸ چاهها ۶

۱-۲-۹ جانمایی تجهیزات..... ۶

۱-۲-۱۰ جابه‌جایی پرسنل و مواد..... ۶

۱-۳ ملاحظات شرایط محیطی **۷**

۱-۳-۱ ملاحظات عمومی هواشناسی و اقیانوس‌شناسی ۷

۱-۳-۲ باد..... ۷

۱-۳-۳ امواج ۷

۱-۳-۴ جزر و مد..... ۸

۱-۳-۵ جریانهای دریایی ۹

۱-۳-۶ رسوبهای جانداران دریایی..... ۹

۱-۳-۷ فرایندهای فعال زمین‌شناسی..... ۹

۱-۴ بررسیهای محلی مربوط به فونداسیون **۱۲**

۱-۴-۱ اهداف بررسیهای محلی..... ۱۲

۱-۴-۲ آمایش بستر دریا..... ۱۲

۱-۴-۳ بررسیهای ژئوتکنیکی و انجام آزمایشها ۱۳

omoorepeyman.ir

۱-۵ انتخاب ضوابط طراحی ۱۴

فصل دوم ـ فرایندهای ساحلی ۱۵

۲-۱ کلیات و تعاریف ۱۷

۲-۱-۱ بارهای مرده ۱۷

۲-۱-۲ بارهای زنده ۱۷

۲-۱-۳ بارهای محیطی ۱۸

۲-۱-۴ بارهای حین ساخت ۱۸

۲-۱-۵ بارهای برچیدن سکو ۱۸

۲-۱-۶ بارهای دینامیکی ۱۸

۲-۲ شرایط بارگذاری ۱۹

۲-۲-۱ کلیات ۱۹

۲-۲-۲ شرایط بارگذاری طراحی ۱۹

۲-۲-۳ شرایط بارگذاری موقت ۲۰

۲-۲-۴ بارگذاری اعضا ۲۰

۲-۳ بارهای طراحی ۲۰

۲-۳-۱ امواج ۲۰

۲-۳-۲ باد ۳۳

۲-۳-۳ جریان ۳۷

۲-۳-۴ زلزله ۳۸

۲-۳-۵ بارهای تصادفی ۴۸

۲-۴ نیروهای حین ساخت و نصب ۴۹

۲-۴-۱ کلیات ۴۹

۲-۴-۲ نیروهای بلند کردن ۵۰

۲-۴-۳ نیروهای بارگیری ۵۳

۲-۴-۴ نیروهای ناشی از حمل ۵۴

۲-۴-۵ نیروهای به آب اندازی و قائم کردن سازه ۵۶

۲-۴-۶ نیروهای نصب اعمالی به شالوده‌ها ۵۷

omoorepeyman.ir

۳-۱ کلیات ۶۱
۳-۱-۱ تنشهای مجاز پایه ۶۱
۳-۱-۲ افزایش در تنشهای مجاز ۶۱
۳-۲ تنشهای مجاز در اعضای لوله‌ای ۶۱
۳-۲-۱ کشش محوری ۶۱
۳-۲-۲ فشار محوری ۶۲
۳-۲-۳ خمش ۶۳
۳-۲-۴ برش ۶۴
۳-۲-۵ فشار هیدرواستاتیکی ۶۵
۳-۳ تنشهای ترکیبی در اعضای لوله‌ای ۶۷
۳-۳-۱ ترکیب تنشهای محوری فشاری و خمشی ۶۷
۳-۳-۲ ترکیب تنشهای محوری کششی و خمشی ۷۰
۳-۳-۳ ترکیب تنشهای کششی و فشار هیدرواستاتیکی ۷۰
۳-۳-۴ ترکیب تنشهای فشاری و فشار هیدرواستاتیکی ۷۰
۳-۳-۵ ضرایب اطمینان ۷۱
۳-۴ تبدیلهای مخروطی ۷۲
۳-۴-۱ خمش و فشار محوری ۷۲
۳-۴-۲ فشار هیدرواستاتیکی ۷۵
۳-۵ اتصالات اعضای کششی و فشاری ۷۶
۳-۶ اتصالات لوله‌ای ۷۷
۳-۶-۱ اتصالات لوله‌ای ساده ۷۷
۳-۶-۲ اتصالات لوله‌ای همپوشان ۸۲
۳-۶-۳ اتصالات متراکم ۸۴
۳-۶-۴ انتقال بار در عرض عضو اصلی ۸۵
۳-۶-۵ سایر اتصالات ۸۷
۳-۷ خستگی ۸۸
۳-۷-۱ کلیات ۸۸

omoorepeyman.ir

۳-۷-۲ روش تفصیلی تحلیل ۸۸
۳-۷-۳ منحنیهای **S-N** ۹۲
۳-۷-۴ ضرایب تمرکز تنش برای اتصالات لوله‌ای ۹۸

فصل چهارم ـ طراحی شالوده **۱۰۱**

۴-۱ مقدمه **۱۰۳**
۴-۱-۱ جنبه‌های خاص طراحی پی ۱۰۳
۴-۱-۲ روشهای طراحی ۱۰۴
۴-۱-۳ مشخصات خاک ۱۰۴
۴-۱-۴ شرایط بارگذاری ۱۰۴
۴-۱-۵ پایداری و حرکتهای بستر دریا ۱۰۴

۴-۲ شالوده‌های شمعی **۱۰۵**
۴-۲-۱ کلیات ۱۰۵
۴-۲-۲ انواع شالوده‌های شمعی ۱۰۵

۴-۳ طراحی شمع **۱۰۸**
۴-۳-۱ کلیات ۱۰۸
۴-۳-۲ میزان نفوذ شمع ۱۰۸
۴-۳-۳ تحلیل قابلیت کوبش شمع ۱۰۹
۴-۳-۴ روشهای طراحی ۱۱۰
۴-۳-۵ گروه شمع ۱۱۰
۴-۳-۶ آبشستگی ۱۱۰

۴-۴ ظرفیت شمع برای بار محوری **۱۱۰**
۴-۴-۱ اصطکاک جداره و مقاومت نوک شمع در خاکهای چسبنده ۱۱۱
۴-۴-۲ اصطکاک جداره و مقاومت نوک در خاکهای غیر چسبنده ۱۱۳
۴-۴-۳ مقاومت اصطکاکی و نوک در شمعهای تزریق شده در سنگ ۱۱۵
۴-۴-۴ ظرفیت باربری برای نیروی محوری کششی ۱۱۵

۴-۵ عملکرد محوری شمع **۱۱۶**
۴-۵-۱ رفتار استاتیکی نیروی جابه‌جایی ۱۱۶
۴-۵-۲ پاسخ سیکلی ۱۱۶

omoorepeyman.ir

۴-۵-۳ تحلیل پاسخ کلی شمع ۱۱۷
۴-۶ عکس‌العمل خاک برای شمعهای با بار محوری ۱۱۷
۴-۶-۱ کلیات ۱۱۷
۴-۶-۲ منحنیهای انتقال بار محوری **t-Z** ۱۱۷
۴-۶-۳ منحنی بار بر حسب جابه‌جایی نوک شمع **Q-Z** ۱۱۹
۴-۷ عکس‌العمل خاک برای شمعهای با بار جانبی ۱۱۹
۴-۷-۱ کلیات ۱۱۹
۴-۷-۲ ظرفیت باربری جانبی برای رس نرم ۱۲۰
۴-۷-۳ منحنیهای بار بر حسب جابه‌جایی (**p-y**) برای رس نرم ۱۲۱
۴-۷-۴ مقاومت جانبی رسهای سخت ۱۲۲
۴-۷-۵ منحنی بار بر حسب جابه‌جایی (**p-y**) برای رسهای سخت ۱۲۲
۴-۷-۶ ظرفیت باربری جانبی ماسه ۱۲۳
۴-۷-۷ منحنی **p-y** برای ماسه ۱۲۴
۴-۸ عملکرد گروه شمع ۱۲۶
۴-۸-۱ کلیات ۱۲۶
۴-۸-۲ رفتار محوری گروه شمع ۱۲۶
۴-۸-۳ رفتار جانبی گروه شمع ۱۲۶
۴-۸-۴ سختی گروه شمع و دینامیک سازه ۱۲۷
۴-۹ ضخامت جداره شمع ۱۲۷
۴-۹-۱ کلیات ۱۲۷
۴-۹-۲ تنشهای مجاز شمع ۱۲۷
۴-۹-۳ تنشهای طراحی شمع ۱۲۷
۴-۹-۴ تنش ناشی از وزن چکش در زمان نصب ۱۲۸
۴-۹-۵ تنشهای زمان شمع‌کوبی ۱۲۸
۴-۹-۶ ضخامت حداقل جداره ۱۲۹
۴-۹-۷ رواداری مجاز کوبش ۱۳۰
۴-۹-۸ کفشکها ۱۳۱
۴-۹-۹ کلاهک ۱۳۱

omoorepeyman.ir

۴-۱۰ طول مقاطع شمع **۱۳۱**
۴-۱۱ شالوده‌های کم‌عمق **۱۳۲**
۴-۱۱-۱ پایداری شالوده‌های کم‌عمق ۱۳۲
۴-۱۱-۲ تغییر شکل استاتیکی شالوده‌های کم‌عمق ۱۳۵
۴-۱۱-۳ رفتار دینامیکی شالوده‌های کم‌عمق ۱۳۷
۴-۱۱-۴ نصب و برداشتن شالوده‌های کم‌عمق ۱۳۷
فصل پنجم ـ طراحی سایر اجزای سازه‌ای **۱۳۹**
۵-۱ طراحی عرشه سکوها **۱۴۱**
۵-۲ طراحی اجزای سازه‌ای عرشه **۱۴۱**
۵-۳ سازه نگه‌دارنده جرثقیل **۱۴۲**
۵-۳-۱ طراحی استاتیکی ۱۴۲
۵-۳-۲ طراحی دینامیکی ۱۴۲
۵-۳-۳ طراحی در برابر خستگی ۱۴۲
۵-۴ طراحی مشعلها **۱۴۳**
۵-۴-۱ مقدمه ۱۴۳
۵-۴-۲ طراحی سازه‌ای مشعلها ۱۴۳
۵-۴-۳ اتصال به سازه عرشه ۱۴۴
۵-۵ طراحی پد هلیکوپتر **۱۴۴**
۵-۶ طراحی پلهای اتصال بین سکوها **۱۴۵**
۵-۶-۱ مقدمه ۱۴۵
۵-۶-۲ ملاحظات طراحی ۱۴۵
۵-۷ طراحی اتصال شمع به سازه سکو **۱۴۷**
۵-۷-۱ کلیات ۱۴۷
۵-۷-۲ عوامل تأثیرگذار بر مقاومت اتصال ۱۴۸
۵-۷-۳ محاسبه نیروی محوری اعمالی ۱۴۸
۵-۷-۴ محاسبه نیروی مجاز محوری ۱۴۸
۵-۷-۵ روشهای دیگر طراحی ۱۵۱

omoorepeyman.ir

۵-۷-۶ بارگذاریهای غیر از بار محوری ۱۵۱
۵-۸ طراحی سازه‌های دیگر **۱۵۲**
۵-۸-۱ سازه تکیه‌گاهی برای مخازن سنگین نفت و گاز مایع ۱۵۲
۵-۸-۲ سازه تکیه‌گاهی برای مخازن مکعب مستطیلی ۱۵۴
۵-۹ طراحی سیستم خط مهار کننده برجها **۱۵۴**
۵-۹-۱ کلیات ۱۵۴
۵-۹-۲ اجزای سیستم ۱۵۵
۵-۹-۳ شمای عمومی ۱۵۶
۵-۹-۴ تحلیل ۱۵۷
۵-۹-۵ ضرایب ایمنی پیشنهادی ۱۵۷
۵-۹-۶ خستگی ۱۵۷
فصل ششم ـ کاربرد مصالح در سکوهای دریایی **۱۵۹**
۶-۱ مقدمه **۱۶۱**
۶-۲ فولاد سازه‌ای **۱۶۱**
۶-۲-۱ کلیات ۱۶۱
۶-۲-۲ گروههای فولاد ۱۶۴
۶-۲-۳ کلاسهای مختلف فولاد ۱۶۵
۶-۳ مشخصات صفحات و قطعات فولادی **۱۶۶**
۶-۴ لوله‌های فولادی **۱۶۷**
۶-۴-۱ مشخصات ۱۶۷
۶-۴-۲ فولاد برای اتصالات لوله‌ای شکل ۱۶۹
۶-۵ اتصالات زیر سطح آب **۱۶۹**
۶-۶ اتصالات بالای سطح آب **۱۷۰**
۶-۶-۱ اتصالات حساس و بحرانی ۱۷۰
۶-۶-۲ انتهای بادبندی‌ها ۱۷۰
۶-۷ فولاد ضد زنگ **۱۷۱**
۶-۸ دوغاب سیمان و بتن **۱۷۱**

omoorepeyman.ir

۶-۸-۱ دوغاب سیمان ۱۷۱
۶-۸-۲ بتن ۱۷۲

فصل هفتم ـ ساخت سکوهای دریایی **۱۷۳**

۷-۱ کلیات **۱۷۵**
۷-۲ برنامه‌ریزی **۱۷۵**
۷-۳ مصالح مصرفی **۱۷۶**
۷-۳-۱ کلیات ۱۷۶
۷-۳-۲ گواهی‌های کارخانه نورد ۱۷۶
۷-۳-۳ شناسایی مصالح ۱۷۷
۷-۳-۴ انبار کردن مصالح ۱۷۷
۷-۴ جوشکاری **۱۷۷**
۷-۴-۱ کلیات ۱۷۷
۷-۴-۲ رویه‌های جوشکاری ۱۷۸
۷-۴-۳ محدودیتهای روشهای جوشکاری ۱۷۸
۷-۴-۴ تأییدیه صلاحیت ۱۷۹
۷-۴-۵ ملاحظات جوشکاری ۱۸۰
۷-۵ نقشه‌های ساخت و دستورالعملهای مربوطه **۱۸۳**
۷-۶ مونتاژ **۱۸۳**
۷-۶-۱ وصله قطعات ۱۸۳
۷-۶-۲ اتصالات لولهای جوشی ۱۸۴
۷-۶-۳ ساخت و جوشکاری تیر ورقها ۱۸۶
۷-۶-۴ رواداری‌های ساخت نهایی ۱۸۷
۷-۷ تمهیدات لازم برای اتصالات دوغابی **۱۹۰**
۷-۸ متعلقات موقت **۱۹۰**
۷-۹ حفاظت در مقابل خوردگی **۱۹۱**
۷-۹-۱ پوششها ۱۹۱
۷-۹-۲ حفاظت ناحیه پاشش ۱۹۱

omoorepeyman.ir

۷-۹-۳ حفاظت کاتدیک ۱۹۱
۷-۱۰ کنترلهای ابعادی **۱۹۱**
۷-۱۱ مدارک و سوابق **۱۹۲**
فصل هشتم ـ حمل و نصب سکوهای دریایی **۱۹۳**
۸-۱ کلیات **۱۹۵**
۸-۱-۱ برنامه‌ریزی ۱۹۵
۸-۱-۲ نیروهای نصب و تنشهای مجاز ۱۹۵
۸-۱-۳ مهاربندی و تجهیزات موقت ۱۹۶
۸-۱-۴ ثبت و تهیه مدارک ۱۹۶
۸-۲ بارگیری سکوها **۱۹۶**
۸-۲-۱ کلیات ۱۹۶
۸-۲-۲ نیازمندیهای عملیات بارگیری ۱۹۶
۸-۲-۳ مهاربندی دریایی ۱۹۸
۸-۳ حمل سکوها **۱۹۸**
۸-۳-۱ کلیات ۱۹۸
۸-۳-۲ حمل سکوهای شابلونی ۱۹۸
۸-۳-۳ حمل سکوهای نوع برجی ۲۰۰
۸-۳-۴ یدک‌کشها ۲۰۱
۸-۴ جدا کردن جاکت از بارج **۲۰۱**
۸-۴-۱ کلیات ۲۰۱
۸-۴-۲ بلند کردن سکو ۲۰۱
۸-۴-۳ آب اندازی مستقیم ۲۰۲
۸-۵ عملیات درجا قرار دادن **۲۰۳**
۸-۵-۱ قائم‌سازی ۲۰۳
۸-۵-۲ قرار دادن سکو بر بستر دریا ۲۰۴
۸-۵-۳ تنظیم ارتفاع سکو ۲۰۴
۸-۵-۴ وزن سکو روی بستر ۲۰۴

omoorepeyman.ir

۸-۵-۵ نصب سیستمهای مهاری ۲۰۵
۸-۵-۶ سایر ملاحظات ۲۰۶
۸-۶ نصب شمعها **۲۰۷**
۸-۶-۱ کلیات ۲۰۷
۸-۶-۲ هادیهای شمع‌کوبی ۲۰۷
۸-۶-۳ روش بلند کردن شمع ۲۰۷
۸-۶-۴ جوشهای درجای شمعها ۲۰۸
۸-۶-۵ رسیدن به عمق نفوذ کافی شمع ۲۰۸
۸-۶-۶ واپسزنی شمعهای کوبیدنی ۲۰۹
۸-۶-۷ پایش عملیات شمع‌کوبی با استفاده از تجهیزات اندازه‌گیری ۲۰۹
۸-۶-۸ تزریق بین شمعها و سازه‌ها ۲۱۰
۸-۶-۹ شمعهای حفاری و تزریق شده ۲۱۰
۸-۶-۱۰ پایه‌های بزرگ شده ۲۱۱
۸-۶-۱۱ ثبت اطلاعات اجرای شمع ۲۱۱
۸-۷ عملیات نصب روسازه **۲۱۲**
۸-۸ جوشکاریهای نصب **۲۱۳**
فصل نهم ـ بازرسیها **۲۱۵**
۹-۱ کلیات **۲۱۷**
۹-۲ پرسنل بازرسی **۲۱۷**
۹-۳ بازرسیهای حین ساخت **۲۱۸**
۹-۳-۱ مواد ۲۱۸
۹-۳-۲ ساخت ۲۱۸
۹-۳-۳ جوشکاری ۲۱۸
۹-۳-۴ سیستمهای حفاظت در برابر خوردگی ۲۲۱
۹-۳-۵ ملحقات سازه‌ای و اجزای مربوط به عملیات نصب ۲۲۲
۹-۴ بازرسیهای حین عملیات بارگیری، مهار کردن و حمل **۲۲۳**
۹-۵ بازرسیهای حین عملیات نصب **۲۲۴**

omoorepeyman.ir

۹-۵-۱ آب اندازی و قائم نمودن ۲۲۴
۹-۵-۲ نصب شمعها و لوله‌های هادی ۲۲۵
۹-۵-۳ نصب عرشه‌ها ۲۲۵
۹-۵-۴ بازرسیهای زیر دریا ۲۲۶
۹-۶ بازرسیهای حین سرویس **۲۲۶**
۹-۶-۱ سطوح بازرسی ۲۲۶
۹-۶-۲ تناوب بازرسیها ۲۲۸
۹-۷ مدارک بازرسیها **۲۲۹**
پیوست **۲۳۱**
پ-۱ دوره تناوب ظاهری موج **۲۳۳**
پ-۲ سینماتیک موج دو بعدی **۲۳۴**
پ-۳ ضریب سینماتیک موج **۲۳۶**
پ-۴ ضریب ممانعت جریان **۲۳۷**
پ-۵ سینماتیک ترکیبی موج و جریان **۲۳۹**
پ-۶ رشد جانداران دریایی **۲۴۰**
پ-۷ ضرایب درگ و اینرسی **۲۴۱**
پ-۷-۱ زبری سطحی نسبی ۲۴۱
پ-۷-۲ عدد رینولدز ۲۴۳
پ-۷-۳ عدد کولگان - کارپنتر ۲۴۴
پ-۷-۴ نسبت سرعت جریان به سرعت موج ۲۴۵
مراجع **۲۴۹**
واژه‌نامه **۲۵۳**

omoorepeyman.ir

فهرست جدولها

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱ضریب جهت جریان نسبت به پایه‌ها و تعداد پایه‌ها ۲۵
جدول ۲-۲ حداقل ضرایب ضربه برای اجزای با اوزان مختلف ۵۱
جدول ۲-۳ ..... ۵۲
جدول ۳-۱ ضرایب طول مؤثر و ضرایب کاهش تنشهای خمشی ۶۹
جدول ۳-۲ ..... ۷۲
جدول ۳-۳ مقادیر Q_u ۸۰
جدول ۳-۴ انواع حالتهای اتصالات جوشی در اعضای لوله‌ای (به استثنای اتصالات لوله به لوله)... ۹۵
جدول ۴-۱ ..... ۱۰۹
جدول ۴-۲ مقادیر **f** و **d** در خاکهای مختلف ۱۱۳
جدول ۴-۳ ..... ۱۲۱
جدول ۴-۴ ..... ۱۲۲
جدول ۴-۵ ضخامت حداقل جداره شمع ۱۳۰
جدول ۴-۶ ..... ۱۳۵
جدول ۵-۱ ..... ۱۷۷
جدول ۶-۱ مشخصات ورقهای فولاد سازه‌ای ۱۶۲
جدول ۶-۲ مشخصات پروفیلهای فولادی ۱۶۷
جدول ۶-۳ مشخصات لوله‌های فولادی ۱۶۸
جدول ۶-۴ شرایط دمایی مورد نظر برای انجام آزمایش ۱۷۰
جدول ۷-۱ مقادیر حداقل حرارت و انرژی اعمالی در آزمایش ضربه شارپی ۱۷۹
جدول ۹-۱ حداقل بازرسیهای غیر تخریبی ۲۲۱
جدول ۹-۲ فواصل زمانی بازرسیهای حین سرویس ۲۲۹

omoorepeyman.ir

فهرست شکلها

عنوان **صفحه**

شکل ۲–۱ روش انجام محاسبات نیروهای حاصل از ترکیب موج و جریان در تحلیل استاتیکی..... ۲
شکل ۲–۲ تغییرات دوره تناوب ظاهری موج بر اثر جریان..... ۳
شکل ۲–۳ ضریب پوشش برای نیروهای موج وارد بر لوله‌های صورت تابعی از فاصله لوله‌ها..... ۷
شکل ۲–۴ طیفهای پاسخ به مقیاس در آمده ۴۲
شکل ۲–۵ نمونه‌هایی از قابهایی که ضوابط بند ۲–۳–۴–۴ را اقناع نمی‌نماید..... ۴۵
شکل ۲–۶ نمونه‌هایی از قابهایی که ضوابط بند ۲–۳–۴–۴ را اقناع می‌نماید. ۴۶
شکل ۳–۱ تبدیل مخروطی..... ۷۶
شکل ۳–۲ اتصال لوله‌ای ساده..... ۷۷
شکل ۳–۳ دسته‌بندی اتصالات لوله‌ای..... ۷۹
شکل ۳–۴ جزئیات اتصال لوله‌ای ساده ۸۲
شکل ۳–۵ اتصالات لوله‌ای همپوشان..... ۸۳
شکل ۳–۶ اتصالات متراکم ۸۵
شکل ۳–۷ طول مؤثر عضو اصلی اتصالات لوله‌ای..... ۸۷
شکل ۳–۸ منحنی **S-N** برای تحلیل اتصالات لوله‌ای..... ۹۴
شکل ۳–۹ انواع اتصالات جوشی غیر لوله‌ای..... ۹۶
شکل ۳–۱۰ منحنیهای **S-N** برای اتصالات غیر لوله‌ای در اجزای دارای درجه نامعینی برای سرویس در شرایط آتمسفری ۹۷
شکل ۳–۱۱ منحنیهای **S-N** برای اتصالات غیر لوله‌ای در اجزای فاقد درجه نامعینی برای سرویس در شرایط آتمسفری ۹۷
شکل ۳–۱۲ منحنیهای **S-N** برای اتصالات جوشی در اعضای لوله‌ای (به استثنای اتصالات لوله‌ای) برای سرویس در شرایط آتمسفری..... ۹۹۸
شکل ۳–۱۳ حالتهای بارگذاری و نقاط بحرانی در اتصالات لوله‌ای..... ۱۰۰
شکل ۴–۱ منحنیهای تیپ انتقال بار محوری – جابه‌جایی شمعها..... ۱۱۸
شکل ۴–۲ منحنی جابه‌جایی – مقاومت نوک شمع..... ۱۱۹
شکل ۴–۳ ضرایب C_2، C_1 و C_3..... ۱۲۴
شکل ۴–۴ ضرایب بستر..... ۱۲۵

omoorepeyman.ir

شکل ۵-۱ شمع تزریق شده به اتصال سازه، به همراه کلیدهای برشی..... ۱۵۰
شکل ۵-۲ جزئیات کلید برشی پیشنهادی ۱۵۰
شکل ۵-۳ نحوه اتصال مخزن تحت فشار استوانه‌ای به عرشه..... ۱۵۳
شکل ۵-۴ نمونه‌ای از اتصال مخزن افقی به یک عرشه..... ۱۵۳
شکل ۷-۱ جزئیات اتصالات جوشی لوله‌ای..... ۱۸۱
شکل پ-۱ مقایسه پروفیلهای جریان در مدلهای کشیدگی خطی و غیر خطی..... ۲۳۴
شکل پ-۲ دامنه کاربرد تئوریهای مختلف امواج..... ۲۳۶
شکل پ-۳ ارتفاع و ضخامت زبری سطح..... ۲۴۱
شکل پ-۴ وابستگی ضریب درگ جریان دایم به زبری سطحی نسبی..... ۲۴۳
شکل پ-۵ ضریب درگ به صورت تابعی از **K/CDS**..... ۲۴۵
شکل پ-۶ ضریب درگ به صورت تابعی از **K**..... ۲۴۶
شکل پ-۷ ضریب اینرسی به صورت تابعی از **K**..... ۲۴۷
شکل پ-۸ ضریب اینرسی به صورت تابعی از**CDS/ K**..... ۲۴۷

omoorepeyman.ir

۱

برنامه‌ریزی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۱-۱ کلیات

سکوهای دریایی موجود در دنیا را می‌توان به دو بخش کلی ثابت و متحرک تقسیم‌بندی نمود. انواع سکوهای متحرک به طور عمده برای مقاصد حفاری کاربرد داشته و شامل سکوهای خود بالابر، نیمه مستغرق و بارجها یا کشتیهای حفاری می‌باشند. طراحی سازه‌های کشتی‌سان در محدوده فنون معماری دریایی بوده و خارج از موارد این بخش از آیین‌نامه است، لیکن فصلهایی از بخش حاضر برای طراحی انواع دیگر سکوهای دریایی متحرک کاربرد دارند. سکوهای ثابت دریایی را نیز می‌توان به دو دسته کلی منعطف و غیر منعطف تقسیم‌بندی نمود. سکوهای منعطف به گونه‌ای طراحی می‌شوند که توانایی تغییر مکان قابل توجهی داشته و با استفاده از این توانایی در مقابل بارهای ناشی از شرایط محیطی مقاومت نمایند. از انواع این نوع سکوها می‌توان برجهای مهار شده و سکوهای پایه کششی را نام برد.

اکثر سکوهای موجود دنیا را سکوهای ثابت غیر منعطف تشکیل می‌دهند که خود شامل انواع فلزی و بتنی هستند. سکوهای بتنی وزنی، برای تأمین ایمنی خود در برابر نیروهای جانبی ناشی از شرایط محیطی، به وزن خود متکی هستند. از این رو این نوع سکوها برای مناطق دارای خاکهای با بستر مناسب و مستحکم، مناسب می‌باشند. در ضمن، ساخت این نوع سکوها مستلزم وجود مکانهای قابل استفاده در بنادر مورد نظر برای ساخت می‌باشد.

رایج‌ترین نوع سکوهای دریایی در مناطق با عمق کم و متوسط، سکوهای فولادی نوع شابلونی می‌باشند. سه بخش اصلی این نوع سکوها عبارتند از:

الف: جاکت که یک سازه قاب فضایی متشکل از اعضای لوله‌ای جوش شده است که به گونه‌ای طراحی می‌شود که به عنوان شابلونی برای نصب شمعها مورد استفاده قرار گرفته و در ضمن یک سیستم مهاربند جانبی برای آنها فراهم آورد.

ب: شمعها که به صورت دایمی جاکت را به بستر دریا متصل نموده و بارهای قائم و جانبی وارد بر آنها را تحمل می‌نمایند.

ج: روسازه یا عرشه که دارای سازه مناسب برای فراهم آوردن محل مناسب برای کاربریهای مورد نظر سکو می‌باشد.

omoorepeyman.ir

اکثر سکوهای موجود در آبهای کشور را در حال حاضر، این نوع سکوها تشکیل می‌دهند.

بخش حاضر، راهنماییهای لازم برای برنامه‌ریزی جهت طراحی و ساخت سکوها را ارایه می‌دهد. قبل از طراحی سکو لازم است برنامه‌ریزی کافی انجام پذیرد تا دستیابی به سکویی که به صورت اقتصادی طراحی شده و بتواند اهداف عملکردی خود را برآورده سازد، ممکن گردد. در مرحله برنامه‌ریزی باید کلیه ضوابطی که مبنای طراحی بعدی قرار می‌گیرند به روشنی تبیین گردند.

۱-۲ ملاحظات عملکردی

۱-۲-۱ نوع عملکرد

سکوهای دریایی به منظور حفاری، تولید، اسکان پرسنل، انبار کردن مواد و تولیدات و یا ترکیبی از این عملکردها طراحی می‌شود. طراحی کلی سکو باید بر اساس مطالعه تجهیزاتی که قرار است بر روی آن نصب شود و روابط عملکردی آنها انجام شود. فواصل مناسب باید بین تجهیزات ایجاد شود و ابعاد نهایی عرشه‌ها بر آن اساس تعیین شود.

۱-۲-۲ محل قرارگیری

محل قرارگیری سکو باید قبل از نهایی شدن طرح به صورت قطعی مشخص شود. شرایط محیطی با تغییر موقعیت جغرافیایی تغییر نموده و در یک موقعیت جغرافیایی معین، با تغییر محل سکو ممکن است شرایط پی و برخی از پارامترهای طراحی نظیر ارتفاع موج و جزر و مد، تغییر کند.

۱-۲-۳ جهت قرارگیری

جهت قرارگیری سکو با توجه به وضعیت آن در مقایسه با جهتهای ثابتی نظیر شمال واقعی بیان می‌شود. این جهت با توجه به عواملی از قبیل جهت حاکم باد، امواج و جریانهای دریایی و نیز ملاحظات عملکردی تعیین می‌شود.

omoorepeyman.ir

۱-۲-۴ عمق آب

برای انتخاب پارامترهای طراحی، اطلاعات مربوط به عمق آب و ارتفاع جزر و مد، مورد نیاز می‌باشد. عمق آب باید تا حد امکان به طور دقیق تعیین شود تا تراز پهلوگیرها، عرشه‌ها و اجزای مشابه به درستی مشخص شود.

۱-۲-۵ دسترسی و سیستمهای فرعی

موقعیت و تعداد راه‌پله‌ها در مسیرهای دسترسی به پهلوگیر، باید بر اساس ضوابط ایمنی تعیین شوند. لازم است حداقل دو مسیر دسترسی به هر ترازی که پرسنل در آن مشغول به کار می‌باشند، تعبیه شود. این مسیرها باید در نقاطی قرار گیرند که امکان فرار در شرایط وزش باد از جهتهای مختلف، وجود داشته باشد. ملاحظات عملکردی نیز باید در تعیین موقعیت راه‌پله‌ها مد نظر قرار گیرد.

۱-۲-۶ حفاظت در مقابل آتش‌سوزی

در طراحی روشهای مختلف حفاظت در مقابل آتش‌سوزی، باید توجه لازم به ایمنی پرسنل و آسیبهای احتمالی به تجهیزات مبذول گردد. انتخاب سیستم حفاظت به نوع عملکرد سکو بستگی دارد. در این زمینه تمام مقررات ملی و محلی باید رعایت گردند.

۱-۲-۷ تراز عرشه

چنان‌چه امواج به تجهیزات و یا سطح عرشه پایینی سکو برخورد کنند، نیروها و لنگرهای واژگونی بزرگی به سکو اعمال می‌شوند. چنان‌چه سکو برای چنین نیروهایی طراحی نشده باشد، تراز عرشه باید به گونه‌ای باشد که فاصله کافی بین سطح زیرین عرشه پایینی و تاج موج طراحی وجود داشته باشد. برای این منظور باید با در نظر گرفتن تراز دریای مربوط به شرایط طوفانی، تراز تاج موج طراحی با دوره بازگشت ۱۰۰ سال، با استفاده از تئوری موج مناسب محاسبه شود و سپس یک فاصله هوایی اضافی برابر ۱۵۰ سانتیمتر برای تعیین تراز زیرین عرشه پایینی به آن اضافه شود. این فاصله هوایی برای در نظر گرفتن عواملی از قبیل نشست سکو، عدم قطعیت در عمق آب و احتمال برخورد امواج نادر بزرگتر از

omoorepeyman.ir

امواج طرح، ضروری است. در صورت ضرورت، یک فاصله هوایی اضافی برای در نظر گرفتن نشست درازمدت بستر، ناشی از برداشت از مخازن زیرزمینی نیز می‌تواند در نظر گرفته شود.

۱-۲-۸ چاهها

لوله‌های هادی چاهها، باعث ایجاد نیروهای بیشتری ناشی از امواج بر سکو می‌شوند و این لوله‌ها، به تکیه‌گاههای مناسب احتیاج دارند. از این رو تعداد، اندازه و فاصله بین این لوله‌ها باید در مراحل اولیه طراحی سکو معین شود. چنان‌چه قرار باشد سکو در محل یک چاه موجود نصب شود، اطلاعات مربوط به اندازه لوله‌های هادی و تجهیزات باید در دست باشد. در زمان طراحی باید نیازهای مربوط به چاههای احتمالی در آینده نیز در نظر گرفته شود.

۱-۲-۹ جانمایی تجهیزات

جانمایی تجهیزات، مواد حفاری، تولید و وزن آنها، برای انجام طراحی مورد نیاز است. بارهای متمرکز بر روی عرشه باید در چنان موقعیتی قرار گیرند که تعبیه سازه‌های مناسب برای انتقال این بارها امکان‌پذیر باشد. همچنین ملاحظات لازم در مورد هر گونه تغییرات در فرایند عملیات و تجهیزات نیز می‌باید در مرحله طراحی در نظر گرفته شود.

۱-۲-۱۰ جابه‌جایی پرسنل و مواد

برنامه‌ریزی در مورد چگونگی جابه‌جایی پرسنل و مواد می‌باید در مراحل اولیه طراحی انجام شود. باید نوع و اندازه شناور مورد نظر جهت انجام این عملیات و سیستمی که می‌باید موقعیت آنها را در محل برای انجام عملیات مورد نظر حفظ کند، مشخص شود و تعداد، اندازه و محل نصب پهلوگیرها نیز تعیین شوند. نوع، ظرفیت، تعداد و موقعیت جرثقیلهای عرشه نیز می‌باید مشخص گردند. از طرف دیگر لازم است در مورد استفاده یا عدم استفاده از هلی‌کوپتر نیز تصمیم‌گیری به عمل آید.

omoorepeyman.ir

۱-۳ ملاحظات شرایط محیطی

۱-۳-۱ ملاحظات عمومی هواشناسی و اقیانوس‌شناسی

فصلهای بعدی به طور خلاصه اطلاعاتی را که برای طراحی سکو در شرایط محیطی عادی و حدی مورد نیاز است ارایه می‌دهند. شرایط محیطی عادی شرایطی است که انتظار می‌رود در طول عمر سازه به دفعات اتفاق افتد. تعیین این شرایط از نظر دوران بهره‌برداری از سکو و نیز دوران ساخت و نصب آن اهمیت دارد. شرایط محیطی حدی، شرایطی است که به صورت کاملاً نادر ممکن است در طول عمر سازه اتفاق افتد. تعیین این شرایط از نظر طراحی سکو حایز اهمیت است.

برای تهیه اطلاعات، داده‌های ثبت شده و یا تولید شده توسط مدلهای ریاضی، باید به صورت آماری تجزیه و تحلیل شده و شرایط محیطی عادی و حدی مورد نیاز برای طراحی تعیین شوند. کلیه این داده‌ها باید به طور دقیق ثبت شده و قابلیت اعتماد آنها و روشهای مورد استفاده جهت تهیه اطلاعات مورد نیاز طراحی، به دقت مورد بررسی قرار گیرند.

۱-۳-۲ باد

نیروی باد بر قسمتی از سازه که در بالای آب قرار می‌گیرد و نیز کلیه تجهیزات مستقر بر روی آن اعمال می‌شود. سرعت باد ممکن است به صورتهای زیر بیان شود:

الف: تندباد که سرعت متوسط باد در طول مدت زمانی کمتر از یک دقیقه است.

ب: سرعت مستمر باد که بر حسب سرعت متوسط باد در طول مدت یک دقیقه یا بیشتر بیان می‌شود.

اطلاعات سرعت باد باید برای تراز استاندارد که ۱۰ متر بالای سطح آزاد آب در نظر گرفته می‌شود، اصلاح شده و مدت زمان متوسط‌گیری نیز بیان شود. برای اصلاح سرعت باد برای مدت زمانهای متفاوت متوسط‌گیری، روشهای معتبر ممکن است مورد استفاده قرار گیرند (بند ۲-۳-۲).

۱-۳-۳ امواج

امواج ناشی از باد، منشأ اصلی بارهای محیطی وارده بر سکوهای دریایی می‌باشند. این امواج دارای شکلی نامنظم بوده و ارتفاع و طول موج آنها متغیر است و همچنین ممکن است از جهتهای مختلف به

omoorepeyman.ir

سازه اثر نمایند. بنابراین، تعیین میزان و توزیع نیروهای ناشی از امواج به آسانی میسر نیست. در تعیین اطلاعات مربوط به حالتهای دریا، نکات زیر باید مورد توجه قرار گیرند:

۱-۳-۳-۱ شرایط عادی

در این شرایط برای هر ماه یا هر فصل از سال، احتمال وقوع و مدت تداوم حالتهای مختلف دریا در جهتهای مختلف، سرعت باد، جزر و مد و جریانهای دریایی که به طور همزمان با حالتهای دریا پدیدار می‌شوند، باید مشخص شوند.

۱-۳-۳-۲ شرایط حدی

در بیان حالتهای دریایی مربوط به شرایط حدی، باید اطلاعات لازم در مورد تعداد، ارتفاع و تراز تاج امواجی که دارای ارتفاعی بیش از یک حد معین بوده، ارایه شده و جهتهای برخورد آنها با سکو مشخص شود. در این شرایط نیز سرعت باد، جزر و مد و جریانهای دریایی که ممکن است همزمان با این امواج اتفاق افتند، باید تعیین شوند.

۱-۳-۴ جزر و مد

جزر و مد به دسته‌های زیر تقسیم می‌شود:

الف: جزر و مد نجومی

ب: جزر و مد ناشی از باد

ج: جزر و مد ناشی از اختلالهای فشار جو

جزر و مد ناشی از باد و جزر و مد ناشی از اختلالهای فشار جو، با یکدیگر توأم بوده و مد ناشی از طوفان نامیده می‌شوند. در طراحی سکوها، امواج طرح باید با تراز مد ناشی از طوفان ترکیب شوند، لیکن در تعیین تراز پهلوگیرها، ضربه‌گیرها و تراز مربوط به ناحیه پاشش آب برای حفاظت سازه، ترازهای مربوط به جزر و مدهای نجومی باید مورد استفاده قرار گیرند.

omoorepeyman.ir

۱-۳-۵ جریانهای دریایی

جریانهای دریایی بر روی نیروهای وارده بر سکوها و تعیین موقعیت و جهت پهلوگیرها و ضربه‌گیرها اثر می‌گذارند. موقعیت پهلوگیرها باید به گونه‌ای تعیین شود که قایق بتواند در حالتی که بر خلاف جهت جریان حرکت می‌کند، به سکو نزدیک شود. مهم‌ترین جریانهای دریایی، ناشی از عوامل زیر هستند:

الف: جریانهای ناشی از جزر و مد

ب: جریانهای چرخشی همراه با الگوهای چرخشی آب در مقیاس اقیانوس

ج: جریانهای ناشی از طوفان

جمع برداری سه مؤلفه جریان، کل جریان دریایی در یک محل را تشکیل می‌دهد. سرعت و جهت کل جریان در هر تراز معین، پروفیل جریان را مشخص می‌کند. به منظور طراحی سکو، پروفیل جریان کل که با حالتهای مختلف دریا همراه می‌باشد، باید مشخص باشد.

۱-۳-۶ رسوبهای جانداران دریایی

رسوبهای جانداران دریایی بر روی اعضای مستغرق در آب، باعث افزایش زبری سطح، افزایش قطر ظاهری اعضا و افزایش وزن سازه در محاسبات مربوط به بارهای ناشی از امواج و زلزله می‌گردد. بنابراین نوع و ضخامت این رسوبها باید تعیین شده و در طراحی در نظر گرفته شوند.

۱-۳-۷ فرایندهای فعال زمین‌شناسی

۱-۳-۷-۱ کلیات

در برخی از مناطق دور از ساحل، فرایندهای زمین‌شناسی همراه با حرکت رسوبهای سطحی در دوره‌های زمانی که قابل مقایسه با عمر سازه‌ها هستند، اتفاق می‌افتد. طبیعت، بزرگی و دوره بازگشت حرکت بالقوه بستر دریا، باید از طریق بررسیها و تحلیلهای لازم، ارزیابی شده و اطلاعات لازم برای بررسی اثرات آن بر سازه و فونداسیون تهیه شود.

omoorepeyman.ir

۱-۳-۷-۲ زلزله

در مناطقی که از نظر لرزه‌ای فعال باشند، اثرات زلزله در طراحی سکوها باید در نظر گرفته شود. مناطق فعال لرزه‌ای، بر اساس سوابق قبلی فعالیت لرزه‌ای منطقه و با توجه به بزرگی و فراوانی حرکتهای زمین، مشخص می‌شوند. لرزه‌خیزی هر منطقه باید بر اساس بررسیهای تفصیلی تعیین شود. ملاحظات لرزه‌ای در مناطق مذکور، باید دربر گیرنده بررسیهای لازم در مورد خاک زیر سطحی از نظر ناپایداریهای مرتبط با روانگرایی، لغزه‌های زیر سطحی ناشی از وقوع زلزله، نزدیکی جایگاه به گسل و مشخصه‌های حرکت زمین در دو سطح متفاوت که در بند ۲-۳-۴ تشریح می‌شود، باشد. سکوهای دریایی در مناطق با عمق کم آب، که ممکن است در معرض سونامی قرار گیرند، باید برای اثرات نیروهای ناشی از این پدیده مورد مطالعه قرار گیرند.

۱-۳-۷-۳ گسل‌ها

در بعضی از مناطق دور از ساحل، صفحات گسل ممکن است تا بستر دریا امتداد داشته و خطر حرکتهای افقی یا عمودی در آنها وجود داشته باشد. حرکتهای گسل ممکن است در نتیجه فعالیت لرزه‌ای، استخراج مواد مایع از مخازن زیرزمینی و یا خزشهای درازمدت که مرتبط با فرسایش یا رسوب‌گذاری در مقیاس بزرگ هستند، اتفاق افتد. از جانمایی تأسیسات در نزدیکی صفحات گسل باید اجتناب شود. چنان‌چه این امر اجتناب‌ناپذیر باشد، بزرگی و زمان حرکت مورد انتظار گسل باید بر اساس مطالعات زمین‌شناسی تخمین زده شود و در طراحی سازه مورد استفاده قرار گیرد.

۱-۳-۷-۴ ناپایداری بستر دریا

حرکتهای بستر دریا، ممکن است بر اثر اختلافهای فشار ناشی از امواج، زمین لرزه، وزن لایه‌های خاک و یا ترکیبی از پدیده‌های فوق باشد. رسوبهای ضعیف در مناطقی که فشار ناشی از امواج قابل ملاحظه باشد، ممکن است حتی در شیبهای بسیار کم نیز ناپایدار باشند. در حالتهایی که بستر دریا دارای شیبی است که تحت فشارهای امواج و نیروهای ثقلی پایدار می‌باشد، نیروهای ناشی از زلزله ممکن است موجب ناپایداری شوند.

omoorepeyman.ir

رسوب‌گذاریهای سریع (به عنوان مثال دلتای فعال رو به رشد)، مقاومت کم خاک، وزن خاک و فشارهای ناشی از امواج، عوامل مؤثر در فرایند زمین‌شناسی می‌باشند که به طور دایمی، رسوبها را به طرف پایین دست سوق می‌دهند. بررسیهای محلی در مناطقی که ناپایدار هستند، باید بر شناسایی مشخصه‌های زمین‌شناسی محل و مشخصات مهندسی خاک که برای مدل‌سازی و تخمین چگونگی و میزان حرکتها مورد نیاز می‌باشند، متمرکز شوند. میزان نیروهای وارده بر سکو ممکن است بر اساس تخمینهای مهندسی حرکتهای خاک بر حسب عمق به همراه مشخصه‌های مهندسی خاک، محاسبه شود.

۱-۳-۷-۵ فرسایش

فرسایش عبارت از برداشت خاک بستر دریا در اثر امواج و یا جریانهای دریایی است. چنین فرسایشی ممکن است یک فرایند طبیعی زمین‌شناسی باشد و یا در اثر حضور سازه، که باعث مختل شدن رژیم طبیعی جریانها در نزدیکی بستر می‌شود، به وجود آید. بر اساس مشاهدات موجود، فرسایش ممکن است به صورت ترکیبی از موارد زیر دسته‌بندی شود:

الف: فرسایش محلی که به صورت گودالهای عمیقی در اطراف اجزای سازه‌ای نظیر شمعها و گروههای شمع ظاهر می‌شود.

ب: فرسایش کلی که به صورت فرورفتگیهای کم‌عمق با وسعت زیاد در اطراف کل سازه ظاهر می‌شود.

ج: حرکت کلی بستر دریا که عبارت است از حرکت تپه‌های ماسه‌ای در بستر دریا که حتی در غیاب سازه نیز اتفاق می‌افتد. این پدیده ممکن است منجر به بالا آمدن یا پایین رفتن بستر دریا شود.

فرسایش ممکن است منجر به از دست رفتن تکیه‌گاههای جانبی و یا قائم فونداسیون شده و باعث نشستهای ناخواسته در فونداسیونهای تخت و یا ایجاد تنشهای اضافی در اجزای فونداسیون شود. در مواردی که احتمال بروز فرسایش وجود دارد، اثرات آن باید در طراحی در نظر گرفته شود و یا راهکارهایی برای جلوگیری از آن پیش‌بینی شود.

omoorepeyman.ir

۱-۳-۷-۶ گاز در لایه‌های کم‌عمق

از نظر طراحی فونداسیون سکوهای دریایی، وجود گازهای بیوژنیک یا پتروژنیک در منافذ خاکهای لایه‌های کم‌عمق بستر دریا، یک عامل مهم محسوب می‌شود. اثرات فرضیات مرتبط با وجود گاز بر روی خواص مهندسی خاک و مدلهای تحلیلی فرایندهای زمین شناسی، باید در مراحل اولیه طراحی مورد توجه قرار گیرند.

۱-۴ بررسیهای محلی مربوط به فونداسیون

۱-۴-۱ اهداف بررسیهای محلی

شناخت شرایط خاک محل برای طراحی و نصب سازه حایز اهمیت است. برای این منظور لازم است بررسیهای محلی انجام شود تا لایه‌های موجود خاک و خواص فیزیکی و مهندسی آنها تعیین شود. اولین قدم در برنامه‌ریزی برای بررسیهای محلی، می‌تواند مرور اطلاعات ژئوفیزیکی و گمانه‌های موجود در محل باشد. هدف از این کار، شناسایی مسایل و کمک به برنامه‌ریزی جهت کسب اطلاعات لازم در مراحل بعدی است.

گمانه‌های صوتی و آزمایشهای ژئوفیزیکی، بخشی از بررسیهای محلی بوده و باید قبل از اقدام به گمانه‌های حفاری، انجام شوند. اطلاعات مذکور باید با اطلاعات حاصل از شناسایی زمین در لایه‌های سطحی همراه شده و در تهیه پارامترهای مورد نیاز طراحی فونداسیون، مورد استفاده قرار گیرند. بررسیهای محلی باید در محدوده و عمق کافی که در اثر نصب سازه متأثر می‌شوند، انجام شوند.

۱-۴-۲ آمایش بستر دریا

هدف اولیه یک آمایش ژئوفیزیکی در همسایگی محل نصب سازه، فراهم آوردن اطلاعات لازم برای شناسایی خاک اطراف فونداسیون و محوطه اطراف می‌باشد. اطلاعات ژئوفیزیکی، شواهد لازم در مورد **Slumps**، **Scarps**، توپوگرافی نامنظم، گسلها، لغزه‌ها، سطوح فرسایش یافته و نظایر آنها را فراهم می‌سازند.

omoorepeyman.ir

۱-۴-۳ بررسیهای ژئوتکنیکی و انجام آزمایشها

برنامه گمانه‌زنیهای ژئوتکنیکی، نمونه‌برداری و انجام آزمایشهای لازم بر روی خاک، باید پس از مرور اطلاعات ژئوفیزیکی تهیه شود. بررسیهای محلی باید دربر گیرنده حداقل یک گمانه حفاری باشند تا نمونه‌های لازم را برای انجام آزمایشها فراهم آورند. تعداد و عمق گمانه‌ها به میزان تغییرات لایه‌بندی خاک در همسایگی محل مورد نظر و نیز مشخصات سازه وابسته است.

بررسیهای مربوط به فونداسیون در مورد سازه‌های متکی بر شمع، باید حداقل اطلاعات مهندسی برای تعیین پارامترهای زیر را فراهم آورد:

الف: ظرفیت باربری محوری شمعها در فشار و کشش

ب: رابطه بار و تغییر مکان برای شمع تحت اثر بارهای جانبی و محوری

ج: مشخصه‌های خاک مرتبط با کوبش شمعها

د: ظرفیت باربری ورق بستر سازه

میزان دقت و چگونگی عملیات در نمونه‌برداری، نگهداری، انجام آزمایشهای محلی و آزمایشهای آزمایشگاهی، تابع نیازهای طراحی سازه بوده و با توجه به فرایندهای فعال زمین‌شناسی در محل تعیین می‌شود. برای بعضی از انواع جدید سازه‌ها در محلهای عمیق، در محلهایی که احتمال ناپایداری شیب وجود دارد و یا در مورد سکوهای وزنی، برنامه مطالعات ژئوتکنیکی باید به طور خاص طراحی شده و اطلاعات لازم در مورد اندرکنش بالقوه خاک و سازه را فراهم نماید.

زمانی که بررسیهای محلی در خاکهای حاوی مواد کربناتی انجام می‌شود، دقت لازم باید صورت گیرد. معمولاً رسوبهای کربناتی دارای سیمانتاسیون متغیر می‌باشند، لذا در برنامه مطالعات ژئوتکنیکی در این‌گونه موارد، باید انعطاف‌پذیری لازم جهت تغییر نوع نمونه‌برداری و انجام آزمایشها وجود داشته باشد. در خاکهایی که دارای بیش از (۲۰-۱۵٪) مواد کربناته باشند، رفتار مهندسی خاک ممکن است به صورت منفی اثر پذیرد و لذا ممکن است نیاز به انجام آزمایشها و بررسیهای دقیق‌تری باشد.

omoorepeyman.ir

۱-۵ انتخاب ضوابط طراحی

مسئولیت انتخاب شرایط محیطی که سکو باید برای آنها طراحی شود، بر عهده مالک تأسیسات می‌باشد. به عنوان یک معیار، دوره بازگشت پارامترهای محیطی باید حداقل چندین برابر عمر برنامه‌ریزی شده سکو باشد. به طور معمول دوره بازگشت پارامترهای مربوط به مشخصه‌های هوا و دریا، ۱۰۰ سال انتخاب می‌شد. در صورت انجام تحلیلهای ریسک، ممکن است دوره‌های بازگشت بزرگتر انتخاب شوند.

عواملی که باید در انتخاب ضوابط طراحی در نظر گرفته شوند، عبارتند از:

الف: استفاده مورد نظر از سکو

ب: عمر سکو

ج: احتمال حضور پرسنل بر روی سکو در زمان بروز شرایط محیطی حدی

د: احتمال آلودگی محیط زیست

هـ: نیازهای سازمانهای مرتبط

omoorepeyman.ir

۲

روشها و ضوابط طراحی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۲-۱ کلیات و تعاریف

در تمامی نقشه‌ها، محاسبات و مدارک، باید از سیستم واحد متریک **SI** استفاده شود. لازم است بارهای زیر و اثرات دینامیکی آنها، برای بارگذاری سکوها در نظر گرفته شوند.

۲-۱-۱ بارهای مرده

این بارها شامل وزن سازه سکو و وزن تجهیزات و وسایل دایمی روی سکو می‌باشند که در حین بهره‌برداری تغییر نمی‌کنند. بارهای مرده، دربر گیرنده موارد زیر می‌باشند:

الف: وزن سازه سکو در هوا که بسته به شرایط شامل وزن شمعها و تجهیزات لازم برای تعادل سکو می‌باشد.

ب: وزن تجهیزات و وسایلی که به صورت دایم روی سکو نصب می‌شوند.

ج: نیروهای هیدرواستاتیک وارد بر سازه در زیر تراز آب که شامل فشار خارجی و نیروی شناوری می‌باشند.

۲-۱-۲ بارهای زنده

بارهای زنده بارهایی هستند که طی بهره‌برداری از سکو به آن وارد می‌شوند و در زمانهای مختلف تغییر می‌کنند. بارهای زنده دربر گیرنده موارد زیر می‌باشند:

الف: وزن تجهیزات حفاری و بهره‌برداری که می‌توانند به سکو اضافه و یا از روی آن برداشته شوند.

ب: وزن قسمت اسکان پرسنل، پد هلی‌کوپتر، تجهیزات نجات، وسایل غواصی و تجهیزاتی که می‌توان به سکو اضافه کرد و یا از روی آن برداشت.

ج: وزن کالاهای مصرفی و یا مایعات ذخیره شده در مخازن

د: نیروهای وارد بر سازه ناشی از انجام عملیات نظیر حفاری، جابه‌جایی وسایل، مهاربندی شناور و بار ناشی از هلی‌کوپتر

omoorepeyman.ir

هـ: بارهای وارد بر سازه به دلیل استفاده از جرثقیل روی عرشه. این نیروها دربر گیرنده بار برداشته شده توسط جرثقیل و اثر حرکت آن و نیز بار مرده می‌باشند.

۲-۱-۳ بارهای محیطی

بارهای محیطی بارهایی هستند که توسط پدیده‌های طبیعی شامل باد، جریان، موج، زلزله، یخ، برف و حرکتهای زمین به سازه وارد می‌شوند. نیروهای محیطی همچنین دربرگیرنده تغییرات در فشار هیدرواستاتیک و نیروی شناوری روی اعضای سکو می‌باشند که بر اثر تغییرات تراز آب توسط امواج و جزر و مد به وجود می‌آیند. بارهای محیطی باید از تمامی جهتها به سازه وارد شوند، مگر اطلاعات کافی برای در نظر گرفتن شرایط خاص در دسترس باشد.

۲-۱-۴ بارهای حین ساخت

بارهای ناشی از ساخت، آب اندازی، حمل و نصب سکو باید در طراحی مد نظر قرار گیرند.

۲-۱-۵ بارهای برچیدن سکو

برای سکوهایی که قرار است بعد از مدتی به محل جدید منتقل و دوباره نصب شوند، لازم است بارهای ناشی از برچیدن، باربرداری، حمل و نصب مجدد، در طراحی در نظر گرفته شوند.

۲-۱-۶ بارهای دینامیکی

بارهای دینامیکی، بارهای ناشی از پاسخ سازه به نیروهای محرک دارای تواتر و یا ناشی از عکس‌العمل سازه به ضربه می‌باشند. تحریک یک سکو ممکن است بر اثر امواج، باد، زلزله و کار کردن ماشین‌آلات به وجود آید. ضربه ممکن است به خاطر برخورد بارج و شناور در حین پهلوگیری و یا به وسیله عملیات حفاری به سکو وارد شود.

omoorepeyman.ir

۲-۲ شرایط بارگذاری

۲-۲-۱ کلیات

در بارگذاری سکوهای دریایی، دو نوع بارگذاری متفاوت مطرح می‌باشد:

الف: شرایط بار محیطی طراحی که شامل بارهای وارد بر سکو به وسیله پدیده‌های محیطی با دوره بازگشت انتخابی می‌باشد.

ب: شرایط بار محیطی سرویس که عکس شرایط فوق، دربر گیرنده نیروهایی است که به سازه در شرایط عادی وارد می‌شوند و به اندازه کافی بحرانی نیستند تا باعث توقف عملیات معمولی شوند.

۲-۲-۲ شرایط بارگذاری طراحی

سکو باید برای شرایط بارگذاری به گونه‌ای که بدترین نیروها بر سازه وارد شود، طراحی شود. بارگذاری باید دربر گیرنده بارهای محیطی، بارهای مرده و بارهای زنده به صورت زیر باشد:

۱- ترکیب بارهای محیطی سرویس با بارهای مرده و حداکثر بارهای زنده که برای عملیات عادی سکو لازم هستند.

۲- ترکیب بارهای محیطی سرویس با بارهای مرده و حداقل بارهای زنده که برای عملیات عادی سکو لازم هستند.

۳- ترکیب بارهای محیطی طراحی با بارهای مرده و حداکثر بارهای زنده که در شرایط حدی به سکو وارد می‌شوند.

۴- ترکیب بارهای محیطی طراحی با بارهای مرده و حداقل بارهای زنده که در شرایط حدی به سکو وارد می‌شوند.

بار زلزله و بارهای محیطی دیگر، باید به گونه‌ای با یکدیگر ترکیب شوند که احتمال وقوع همزمان آنها در طول عمر سکو در نظر گرفته شود. نیروی زلزله باید به صورت یک شرط محیطی مجزا از دیگر پدیده‌ها، در نظر گرفته شود.

omoorepeyman.ir

شرایط محیطی سرویس باید بیانگر شرایطی باشد که در صورت وقوع، کارهای عادی سکو متوقف نشود. شرایط طوفانی در زمستان با دوره بازگشت یک تا ۵ سال، برای شرایط محیطی سرویس توصیه می‌گردد. برای سکوهای حفاری و تولید، بارهای زنده حداکثر را می‌توان بارهای ناشی از انجام عملیات حفاری، کارهای روزانه و ترکیب مختلف آنها در نظر گرفت.

۲-۲-۳ شرایط بارگذاری موقت

شرایط بارگذاری موقت که در مراحل ساخت، حمل، نصب و برچیدن سازه مطرح می‌شوند، باید در طراحی مد نظر قرار گیرند. برای این شرایط، ترکیب مناسب بار مرده، بار حداکثر، بار موقت و بار محیطی مناسب، باید در نظر گرفته شود.

۲-۲-۴ بارگذاری اعضا

هر یک از اعضای سکو باید برای شرایط باری که حداکثر تنش را در عضو ایجاد می‌کند، طراحی شوند.

۲-۳ بارهای طراحی

۲-۳-۱ امواج

۲-۳-۱-۱ کلیات

بارهای وارده از طرف امواج بر روی یک سکو، از طبیعت دینامیکی برخوردار است. برای اغلب عمقهای آب طراحی که در حال حاضر در نظر گرفته می‌شود، این بارها را می‌توان به نحوی مناسب با بارهای استاتیکی معادل آن جایگزین کرد. برای آبهای عمیق‌تر یا جاهایی که سکو تمایل به انعطاف‌پذیری بیشتر دارد، تحلیل استاتیکی ممکن است به نحو مطلوب بیانگر بارگذاری دینامیکی وارده بر سکو نباشد. برای تحلیل صحیح چنین سکوهایی یک تحلیل بار که دربر گیرنده عملکرد دینامیکی سازه باشد، لازم است.

omoorepeyman.ir

۲-۳-۱-۲ تحلیل استاتیکی امواج

ترتیب مراحل محاسبه نیروهای معین استاتیکی وارده از طرف امواج طراحی بر روی یک سکوی ثابت، بدون در نظر گرفتن پاسخ دینامیکی سکو و تغییر شکل امواج تابشی توسط سکو، به صورت گرافیکی در شکل ۲-۱ نشان داده شده است.

برای یک جهت موج مشخص، انجام محاسبات با مشخص کردن ارتفاع موج طراحی و دوره تناوب مربوط به آن، عمق آب به هنگام طوفان و پروفیل جریان آغاز می‌شود. مراحل محاسبه نیروی موج عبارت است از:

۱- دوره تناوب ظاهری امواج با توجه به اثر داپلر جریان بر روی امواج تعیین می‌شود.

۲- سینماتیک دو بعدی امواج، با بهره‌گیری از یک تئوری موج مناسب و با توجه به ارتفاع موج، عمق آب به هنگام طوفان و دوره تناوب ظاهری تعیین می‌شود.

۳- مؤلفه‌های افقی سرعتها و شتابهای ذرات آب تحت تأثیر امواج، به کمک ضریب سینماتیکی که تأثیر توزیع جهتی امواج نیز در آن لحاظ شده است، کاهش داده می‌شوند.

۴- پروفیل محلی جریان مؤثر، با ضرب کردن پروفیل جریان داده شده در ضریب ممانعت جریان تعیین می‌شود.

۵- پروفیل محلی جریان مؤثر، به طور برداری با سینماتیک امواج ترکیب می‌شود تا سرعتها و شتابهای ذرات آب به طور محلی برای استفاده در معادله موریسون تعیین شوند.

۶- ابعاد اعضا، افزایش داده می‌شود تا تأثیر رشد جانداران دریایی لحاظ شود.

۷- ضرایب نیروی درگ و اینرسی، به صورت توابعی از پارامترهای موج، جریان و مشخصات سازه نظیر شکل، زبری ناشی از رشد جانداران دریایی، اندازه و جهت عضو، تعیین می‌گردد.

۸- ضرایب نیروی موج برای سری لوله‌های هادی، با استفاده از ضریب پوششی کاهش داده می‌شوند.

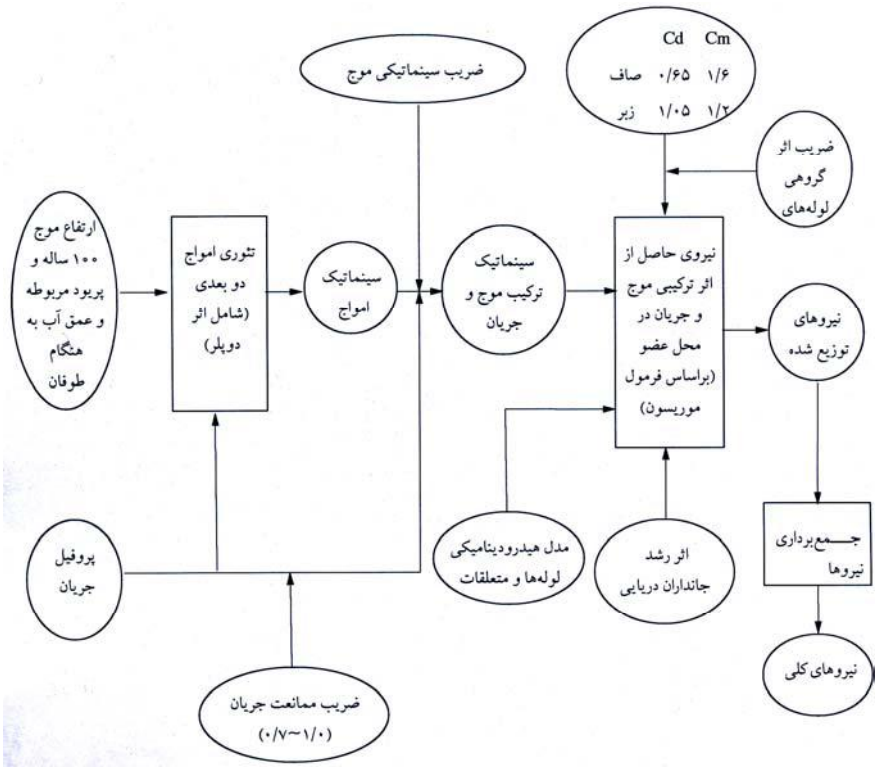
۹- مدلهای هیدرودینامیکی برای رایزرها و متعلقات تهیه می‌شوند.

۱۰- نیروهای محلی موج و جریان، برای تمامی اعضا، لوله‌های هادی، رایزرها و متعلقات، با استفاده از معادله موریسون محاسبه می‌شود.

۱۱- نیروی کلی با جمع برداری تمامی نیروهای محلی محاسبه می‌شود.

omoorepeyman.ir

در ادامه این فصل، توضیحات بیشتر برای مراحل مختلف فوق ارایه می‌گردد. همچنین در ارتباط با نیروهای محلی نظیر نیروهای ضربه موج و لیفت نیز که در نیروی کلی به آن اشاره نشده است، بحث می‌شود.



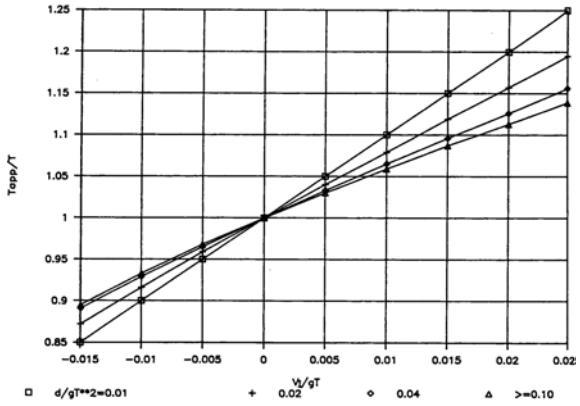
شکل ۲-۱ روش انجام محاسبات نیروهای حاصل از ترکیب موج و جریان در تحلیل استاتیکی

۲-۳-۱-۲-۱ دوره تناوب ظاهری امواج

یک جریان در امتداد انتشار موج، موجب افزایش طول موج می‌شود، در حالی که یک جریان مخالف جهت موج، موجب کاهش آن می‌گردد. در حالت ساده‌ای که یک موج بر روی جریانی یکنواخت و هم‌جهت در حال انتشار است، می‌توان دوره تناوب ظاهری موج مشاهده شده توسط ناظری را که با جریان در حرکت است، از روی شکل ۲-۲ برآورد کرد. در این شکل، **T** دوره تناوب واقعی امواج است که توسط یک ناظر ثابت مشاهده می‌شود، $\mathbf{V_I}$ مؤلفه جریان در جهت موج، **d** عمق آب به هنگام طوفان

omoorepeyman.ir

شامل مد طوفان و جزر و مد و **g** شتاب ثقل است. به کمک این شکل می‌توان برآوردهایی برای حالتهایی که $d/gT^2>0.01$ است به دست آورد. برای مقادیر کوچکتر d/gT^2، می‌توان از رابطه $T_{app}/T = V_I/\sqrt{gd+1}$ استفاده کرد. اگر چه شکل ۲-۲ فقط برای جریانهای یکنواخت در کل عمق آب قابل کاربرد می‌باشد، ولی می‌توان از آن برای برآورد قابل قبولی در مورد T_{app} جریانهای با پروفیل لایه‌ای که در ۵۰ متر اولیه نسبت به سطح آزاد یا تا عمق بیشتری از ستون آب یکنواخت می‌باشند، استفاده کرد. برای دیگر انواع پروفیلهای جریان، برای تعیین T_{app} سیستمی از معادلات غیر خطی همزمان باید حل گردد (رجوع شود به پیوست [۱]). جریان مورد استفاده جهت تعیین دوره تناوب ظاهری، باید جریان آزاد باشد و به دلیل بلوکه شدن توسط سازه، کاهش نیافته باشد.



شکل ۲-۲ تغییرات دوره تناوب ظاهری موج بر اثر جریان

۲-۳-۱-۲-۲ سینماتیک دو بعدی امواج

سینماتیک دو بعدی امواج منظم را می‌توان برای دوره تناوب ظاهری موج T_{app}، ارتفاع موج **H**، و عمق آب حین طوفان **d**، با استفاده از تئوری موج مناسب محاسبه کرد. در خیلی از حالتها، با استفاده از تئوری استوکس مرتبه ۵، می‌توان نتایجی با دقت قابل قبول به دست آورد.

به هنگام استخراج سینماتیک دو بعدی امواج منظم از روی تابع جریان یا تئوری موج استوکس مرتبه ۵، تأثیر توزیع جهتی یا نامنظم امواج بر شکل پروفیل موج لحاظ می‌شود. این ویژگیهای امواج حقیقی را می‌توان به طور تقریبی مدل‌سازی نمود و با ضرب مؤلفه‌های افقی سرعتها و شتابهای حاصله از جوابهای

omoorepeyman.ir

به دست آمده برای امواج منظم دو بعدی در یک ضریب سینماتیکی موج، آنها را برای تحلیلهای معین امواج به کار برد. اندازه‌گیریهای انجام شده در مورد سینماتیک امواج، بیانگر آن است که ضریب سینماتیکی موج برای طوفانهای شدید، بین ۰/۹۵–۰/۸۵ و برای طوفانهای بسیار شدید، بین ۱–۰/۹۵ می‌باشد. در پیوست [۱] نیز توصیه‌های اضافی برای محاسبه ضریب سینماتیکی موج در شرایط خاص دریا که برای آن مشخصه‌های توزیع جهتی امواج با توجه به اندازه‌گیریها یا پیش‌بینیهای انجام شده مشخص گردیده، ارایه شده است.

۲-۳-۱-۲-۳ ضریب ممانعت جریان

سرعت جریان در نزدیکی سکو، به دلیل ممانعت نسبی جریان از مقدار سرعت جریان آزاد کمتر می‌باشد. به عبارت دیگر، حضور سازه موجب می‌شود تا جریان تابشی منشعب شود، به طوری که بخشی از جریان تابشی به جای عبور از درون سازه، از اطراف آن می‌گذرد و در نتیجه سرعت جریان درون سازه در میان پایه‌ها و دیگر اعضای سکو کاهش می‌یابد. لذا با توجه به این که بارهای کلی وارد بر سکو از جمع بارهای محلی محاسبه شده از روی معادله موریسون حاصل می‌شود، سرعت جریان محلی مناسب باید مورد استفاده قرار گیرد. ضرایب تقریبی ممانعت جریان برای سکوهای از نوع شابلونی، در جدول زیر آمده است:

برای انواع دیگر سکوها یا سکوهای با تعداد مشخصی از لوله‌های هادی، ضریب ممانعت جریان را می‌توان با روشهای ارایه شده در پیوست [۱] محاسبه کرد. ضرایب محاسباتی کمتر از ۰/۷ را نباید بدون وجود شواهد و دلایل تجربی کافی مبنی بر صحت آنها به کار برد. برای صندوقه‌های آزاد یا مهار شده، ضریب بلوکه شدن جریانی باید ۱ در نظر گرفته شود.

omoorepeyman.ir

جدول ۲-۱ضریب جهت جریان نسبت به پایه‌ها و تعداد پایه‌ها

تعداد پایه‌ها	جهت جریان نسبت به پایه‌ها	ضریب
۳	همه جهتها	۰/۹۰
۴	در جهت عرض کم	۰/۸۰
۴	در جهت قطری	۰/۸۵
۴	در جهت پهن	۰/۸۰
۶	در جهت عرض کم	۰/۷۵
۶	در جهت قطری	۰/۸۵
۶	در جهت پهن	۰/۸۰
۸	در جهت عرض کم	۰/۷۰
۸	در جهت قطری	۰/۸۵
۸	در جهت پهن	۰/۸۰

۲-۳-۱-۲-۴ سینماتیک ترکیبی موج و جریان

سینماتیک امواج، که برای تأثیر توزیع جهتی و نامنظمی امواج تصحیح شده است، باید برای اثر بلوکه شدن، به صورت برداری با پروفیل تصحیح شده جریان ترکیب گردد. چون پروفیل جریان در معیار طراحی فقط تا سطح متوسط آب به هنگام طوفان تعریف شده است، باید به طریقی پروفیل مربوطه را تا تراز موج تراز واقعی آب تعمیم داد. همان‌گونه که در پیوست [۱] بحث شده است، تعمیم غیر خطی، روش ارجح است. برای پروفیل جریانهای لایه‌ای، تعمیم ساده پروفیل جریان در امتداد قائم از سطح متوسط آب به هنگام طوفان تا تراز موج، تقریب خوبی برای تعمیم غیر خطی است. برای دیگر انواع جریان، تعمیم خطی تقریب قابل قبولی است. در تعمیم خطی، جریان در نقطه‌ای به ارتفاع **Z** که سطح موج در تراز **h** در بالای آن قرار دارد (**Z** و **h** در بالای سطح متوسط آب به هنگام طوفان مثبت و در زیر آن سطح منفی می‌باشند) از روی پروفیل مشخص شده جریان در تراز **Z** محاسبه می‌شود. ترازهای **Z** و **Z′** به طور خطی و با رابطه زیر با یکدیگر مرتبط می‌شوند.

$$(Z' + d) = \frac{(z+d)d}{(d+n)} \qquad (۱)$$

omoorepeyman.ir

که در آن **d** عمق آب به هنگام طوفان است.

۲-۳-۱-۲-۵ رشد جانداران دریایی

به منظور در نظر گرفتن ضخامت حاصل از رشد جانداران دریایی، لوله‌های هادی، رایزرها و متعلقات آنها، باید بر روی مقطع سطح مقطع تمامی اعضای سازه‌ای، افزایش داده شوند. همچنین اعضای مقطع دایره را باید بسته به مقدار مورد انتظار برای تجمع جانداران دریایی بر روی آنها، در زمان بارگذاری به دو دسته صاف و زبر تقسیم‌بندی کرد.

۲-۳-۱-۲-۶ ضرایب دراگ و اینرسی

در بخش اول آیین‌نامه، در مورد ضرایب دراگ و اینرسی بحث شده است. برای شرایط طراحی نمونه، می‌توان برای استوانه‌های بدون پوشش، نیروهای کلی موج بر سکو را با استفاده از مقادیر زیر محاسبه کرد:

صاف $C_d = 0/65 , C_m = 1/6$

زبر $C_d = 1/05 , C_m = 1/2$

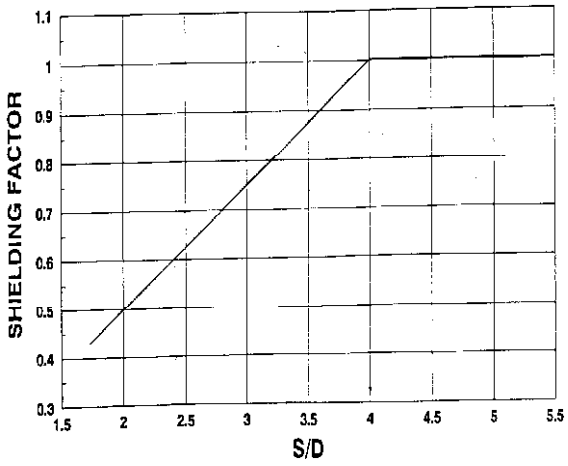
این مقادیر برای حالتی که یک جریان دایمی وجود داشته باشد و امواج قابل صرف نظر کردن باشند و یا حالتی که امواج بزرگ به همراه $u_{mo}T_{app}/D>30$ حضور داشته باشد، مناسب می‌باشند که در آن، u_{mo} سرعت افقی بیشینه ذرات آب در سطح متوسط آب به هنگام طوفان و زیر نقطه اوج موج است که با استفاده ازتئوری سینماتیک امواج دو بعدی به دست می‌آید، T_{app} دوره تناوب ظاهری موج و **D** قطر پایه سکو در سطح متوسط آب به هنگام طوفان می‌باشند.

برای شرایطی که امواج غالب باشند و $u_{mo}T_{app}/D<30$، راهنماییهای لازم در نحوه تصحیح C_d و C_m برای اعضای تقریباً قائم، در پیوست ارایه شده است. چنین شرایطی به احتمال زیاد، در مورد صندوقه‌های دارای قطر زیاد و تحت تأثیر امواج بحرانی یا اعضای سکوهای معمولی که در شرایط ملایم‌تر واقع گردند ولیکن در مورد آنها آنالیز خستگی صورت گیرد، رخ می‌دهد. برای اعضای غیر استوانه‌ای، ضرایب مناسب را می‌توان در مرجع [۲] یافت.

omoorepeyman.ir

۲-۳-۱-۲-۷ ضریب پوشش لوله‌های هادی

بسته به ترکیب سازه و تعداد لوله‌های هادی، نیروی امواج وارده بر هادی‌ها می‌تواند بخش قابل توجهی از کل نیروی امواج باشد. اگر لوله‌های هادی در فاصله نزدیک به یکدیگر واقع شده باشند، نیروی وارد بر آنها به دلیل پوشش هیدرودینامیکی کاهش می‌یابد. ضریب کاهش نیروی موج را که برای ضرایب دراگ و اینرسی سری لوله‌های هادی به کار می‌رود، می‌توان از روی شکل ۲-۳ تخمین زد. در این شکل، **s** فاصله مرکز تا مرکز هادی‌ها در جهت موج و **D** قطر هادی‌ها، با در نظر گرفتن پوشش گیاهی است. این ضریب پوشش برای حالات الف جریان دایمی با امواج قابل صرف نظر کردن یا حالت ب امواج بحرانی با $u_{mo}T_{app}/s>5x$، مناسب است. برای امواج کمتر بحرانی با $u_{mo}T_{app}/s<5x$، مشابه تحلیل خستگی، پوشش کمتری را می‌توان به کار برد. در پیوست ۱، توصیه‌هایی در مورد ضرایب پوشش هادی‌ها برای تحلیل خستگی ارایه شده است.



شکل ۲-۳ ضریب پوشش برای نیروهای موج وارد بر لوله‌های صورت تابعی از فاصله لوله‌ها

۲-۳-۱-۲-۸ مدلهای هیدرولیکی برای متعلقات

متعلقاتی مثل محل پهلوگیری قایقها، ضربه‌گیرها، ضربه‌خورها، پیاده‌روها، نرده‌ها و آندها، باید در مدل هیدرودینامیکی سازه لحاظ شوند. بسته به نوع و تعداد متعلقات، ممکن است تأثیر آنها بر نیروی کل امواج به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یابد. به علاوه، نیروهای وارده بر بعضی از متعلقات، ممکن است

omoorepeyman.ir

برای طراحی محلی عضو نیز حایز اهمیت باشند. متعلقات توسط اعضای غیر سازه‌ای که سهم معادلی از نیروی امواج دارند، مدل می‌شوند. برای متعلقاتی نظیر پهلوگیر قایقها، نیروی امواج به دلیل تأثیر پوشش اجزا، به شدت به جهت امواج بستگی دارد. دیگر توصیه‌ها در مورد مدل نمودن متعلقات در پیوست ۱ ارایه شده است.

۲-۳-۱-۲-۹ معادله موریسون

محاسبه نیروی وارده از طرف امواج بر روی اجزای استوانه‌ای، به نسبت طول موج به قطر عضو بستگی دارد. وقتی که این نسبت بزرگتر از ۵ باشد، عضو تأثیر قابل توجهی بر روی موج تابشی نمی‌گذارد، لذا نیروی موج را می‌توان به صورت جمع نیروی دراگ و نیروی اینرسی، به صورت زیر محاسبه کرد:

$$\mathbf{F = F_D + F_I = C_d \frac{w}{2g} Au|u| + C_m \frac{w}{g} \forall \frac{\partial u}{\partial t}} \qquad (۲)$$

که در آن:

F: بردار نیروی هیدرودینامیکی بر حسب نیوتن بر متر که در جهت عمود بر محور عضو عمل می‌کند.

F_D: بردار نیروی درگ بر حسب نیوتن بر متر که بر محور عضو در صفحه محور عضو و **u** عمل می‌کند.

F_I: بردار نیروی اینرسی بر حسب نیوتن بر متر که عمود بر محور عضو در صفحه محور عضو و **$\partial u/\partial t$** عمل می‌کند.

C_d: ضریب درگ

w: وزن مخصوص آب بر حسب نیوتن بر متر مکعب

g: شتاب ثقل بر حسب متر بر مجذور ثانیه

A: سطح تصویر شده عمود بر محور استوانه در واحد طول

$\forall$: حجم جابه‌جا شده استوانه در واحد طول

D: قطر مؤثر عضو استوانه‌ای با مقطع دایره شامل پوشش دریایی بر حسب متر

u: مؤلفه بردار سرعت تحت موج یا جریان آب عمود بر محور عضو بر حسب متر بر ثانیه

C_m: ضریب اینرسی

omoorepeyman.ir

$\partial u/\partial t$: مؤلفه بردار شتاب محلی آب، عمود بر محور عضو بر حسب متر بر مجذور ثانیه

شایان ذکر است که در معادله موریسون ارایه شده، از مؤلفه انتقالی شتاب در محاسبه نیروی اینرسی صرف نظر شده است. همچنین از نیروهای لیفت، نیروهای ضربه آب و نیروهای فرود–کریلوف، صرف نظر شده است.

وقتی که اندازه یک سازه یا عضو، به اندازه کافی نسبت به طول موج بزرگ باشد، امواج تابشی متفرق می‌شوند. رژیم تفرق موقعی در نظر گرفته می‌شود که عرض عضو از یک پنجم طول موج تابشی بزرگتر باشد. در این صورت، برای محاسبه نیروی امواج به جای معادله مورسیون، باید از تئوری تفرق، استفاده کرد که بر اساس آن، فشارهای وارده بر سازه تحت تأثیر دو عامل موج تابشی و موج تفرق یافته محاسبه می‌شود. توضیح بیشتر در این زمینه در بخش اول آیین‌نامه بارگذاری و مراجع [۳] و [۴] ارایه شده است.

۲-۳-۱-۲-۱۰ برایند نیروهای سازه‌ای

برش پایه و ممان واژگونی کل را می‌توان با جمع برداری نیروهای درگ و اینرسی ناشی از امواج و جریانها، افزایش دینامیکی نیروهای موج و جریان و نیروهای باد وارده بر قسمتهای بیرونی و در معرض باد سازه، به دست آورد.

از نیروهای ضربه امواج، به خاطر عمود بودن تقریبی، می‌توان صرف نظر کرد. در مورد سازه‌های از نوع شابلونی، می‌توان از نیروهای لیفت به دلیل عدم بستگی و ارتباط آنها از عضوی به عضو دیگر صرف نظر کرد. از نیروهای محوری فرود–کریلف نیز می‌توان صرف نظر کرد. در واقع تاج موج نسبت به سازه باید به نحوی در نظر گرفته شود که برش پایه کل و ممان واژگونی، مقادیر بیشینه خود را دارا باشند. باید به خاطر داشت که:

الف: برش پایه بیشینه ممکن است در همان وضعیت موجی که به ازای آن ممان واژگونی بیشینه می‌شود، واقع نگردد.

ب: در موارد خاصی از امواج با تیزی کم و جریان مخالف، نیروی سازه‌ای کل بیشینه ممکن است در حوالی قعر موج به جای حوالی تاج موج رخ دهد.

omoorepeyman.ir

ج: تنشهای محلی بیشینه در اعضا، ممکن است در وضعیت موجی متفاوت با وضعیتی که موجب نیروی سازه‌ای کل بیشینه می‌شود، رخ دهد.

۲-۳-۱-۲-۱۱ طراحی محلی اعضا

تنشهای محلی اعضا، ناشی از هر دو عامل نیروهای هیدرودینامیکی و بارهای منتقل شده از بقیه سازه می‌باشند. نیروهای ایجاد شده به طور موضعی، نه تنها شامل نیروهای درگ و اینرسی هستند و توسط معادله موریسون (رابطه ۲) مدل می‌شوند، بلکه شامل نیروهای محوری فرود–کریلف و شناوری و وزن نیز می‌باشند. با عبور هر موج به هنگام طوفان، علاوه بر نیروهای فوق، نیروهای قائم ضربه موج نیز به اعضای افقی واقع در حوالی تراز متوسط آب وارد می‌گردند.

هر دو نیروی لیفت و ضربه موج می‌توانند موجب تحریک دینامیکی اعضا و در نتیجه افزایش تنش در آنها گردند (پیوست ۱). بارهای منتقل شده، ناشی از نیروهای کلی حاصل از دینامیک سیال و پاسخ دینامیکی کل سازه هستند. سهم نیروهای ایجاد شده در محل برای اعضای بالاتر سازه در تنش کل، بیشتر بوده و لذا تنها در نظر گرفتن نیروهای لیفت و ضربه موج محلی ممکن است برای طراحی این اعضا مورد نیاز باشند. تنشهای بیشینه محلی در اعضا، ممکن است در موقعیتی از تاج موج نسبت به خط مرکزی سازه رخ دهند که با موقعیتی از آن که موجب اعمال نیروی موج بیشینه بر سکو می‌گردد، متفاوت باشد. به عنوان مثال، تنشهای بیشینه ناشی از نیروهای درگ و اینرسی در بعضی از اعضای قابهای هادی، موقعی رخ می‌دهد که تاج موج دور از خط مرکزی سازه قرار دارد.

۲-۳-۱-۳ تحلیل دینامیکی امواج

۲-۳-۱-۳-۱ کلیات

تحلیل دینامیکی یک سکو، موقعی ضرورت می‌یابد که وضعیت دریا در شرایط طراحی، محتوی انرژی موج قابل ملاحظه‌ای در فرکانسهای نزدیک به فرکانس طبیعی سکو باشد. مقدار انرژی موج بر حسب فرکانس را می‌توان با طیف انرژی موج که از روی داده‌های اندازه‌گیری شده یا پیش‌بینیهای

omoorepeyman.ir

مناسب برای محل سکو به دست می‌آید، بیان کرد. انجام تحلیل دینامیکی برای سکوهای مهار شده برجی و سکوهای پایه کششی، ضروری است.

۲-۳-۱-۳-۲ امواج

استفاده از یک تئوری خطی امواج تصادفی با سینماتیک تصحیح شده تاج برای تحلیل دینامیکی سکوهای ثابت مناسب می‌باشد. گستردگی (سه بعدی بودن) امواج باید در نظر گرفته شود. تأثیرات گروه امواج نیز ممکن است موجب پاسخهای دینامیکی مهمی در مورد سازه‌های متأثر از این تأثیرات شود.

۲-۳-۱-۳-۳ جریانها

جریانهای مربوط به وضعیت دریا در شرایط طراحی، می‌توانند به واسطه ترم نیروی درگ غیر خطی در معادله موریسون (رابطه ۲) بر بارگذاری دینامیکی تأثیر گذارند و از این رو، باید در تحلیل دینامیکی مورد توجه قرار گیرند.

۲-۳-۱-۳-۴ بادها

برای تحلیل سکوهای شابلونی، برجی، وزنی و یا کمینه، می‌توان بارهای کلی ناشی از باد را با بارهای کلی ناشی از موج و جریان، ترکیب و اعمال کرد. برای سکوهای مهار شده برجی و سکوهای پایه کششی، تحلیل باید شامل عملکرد همزمان باد، امواج و جریان باشد. در صورت لزوم، می‌توان اثر دینامیکی باد را نیز در نظر گرفت.

۲-۳-۱-۳-۵ نیروی وارده از طرف سیال بر یک عنصر

رابطه ۲ را می‌توان برای محاسبه نیروهای وارده بر اعضای سازه‌ای سکوهای شابلونی، برجی، وزنی و کمینه به کار برد. در پیوست ۱، توصیه‌هایی در مورد انتخاب ضرایب درگ و اینرسی در تحلیل دینامیکی ارایه شده است. برای سکوهای مهار شده برجی و سکوهای پایه کششی، رابطه ۲ را باید با جایگزینی $|\mathbf{u}|\mathbf{u}$ با $|(u-\dot{x})|(u-\dot{x})$ در ترم نیروی درگ تصحیح کرد تا سرعت مربوطه، به درستی منظور گردد. در این روابط:

omoorepeyman.ir

$\dot{x}$: مؤلفه سرعت سازه‌ای عمود بر محور عضو بر حسب متر بر ثانیه

u: مشابه تعریف آن در رابطه ۲

نیروهای سیال مربوط به شتاب سکو، با در نظر گرفتن جرم افزوده لحاظ می‌شوند.

۲-۳-۱-۳-۶ مدل‌سازی سازه‌ای

مدل دینامیکی سکوهای ثابت، باید منعکس کننده پارامترهای تحلیلی جرم، میرایی و سختی باشد. جرم باید شامل جرم فولاد سکو، تمامی متعلقات، هادی‌ها و بارهای عرشه، جرم آب محبوس در اعضای لوله‌ای مغروق، جرم رسوبهای جانداران دریایی که انتظار تجمع آنها بر روی سازه می‌رود و جرم افزوده اعضای مستغرق، با در نظر گرفتن قطر افزایش یافته اعضا به دلیل تجمع جانداران دریایی، باشد.

مقادیر میرایی ناشی از لزجت معادل را می‌توان به جای تعیین صریح اجزای میرایی، مورد استفاده قرار داد. در صورت عدم دسترسی به اطلاعات لازم برای تعیین مقادیر میرایی یک سازه مشخص، می‌توان (۳-۲٪) مقدار بحرانی میرایی را برای تحلیل حدی امواج و (۲٪) مقدار بحرانی آن را برای تحلیل خستگی، مورد استفاده قرار داد.

مدل تحلیلی باید دربر گیرنده سختی الاستیک سکو و منعکس کننده تعامل سازه و فونداسیون آن باشد. در نظر گرفتن یک فونداسیون سخت‌تر برای تحلیلهای خستگی، نسبت به آنچه در تحلیلهای حدی پاسخ امواج در نظر گرفته می‌شود، مناسب‌تر است. این سختیها باید برای منظور نمودن تأثیر سیستم مهاربندی برجهای مهار شده، افزایش داده شوند. مراحل تحلیل ممکن است لزوم در نظر گرفتن تعامل دینامیکی برج و سیستم مهار را ایجاب کند. مدلهای تحلیلی برجهای مهار شده باید دربر گیرنده سختی هندسی تأثیر تغییر مکانهای زیاد باشند. نیروهای مؤثر بر سختی هندسی عبارتند از:

الف: بارهای ثقلی

ب: بارهای شناوری

ج: مؤلفه عمودی عکس‌العمل سیستم مهاربندی

د: وزن هادی‌ها و محتویات آنها

omoorepeyman.ir

۲-۳-۱-۳-۷ روشهای تحلیل

روشهای تاریخچه زمانی تحلیلهای دینامیکی، برای پیش‌بینی پاسخ موج حدی سکوهای شابلونی، سازه‌های کمینه و برجهای مهار شده ترجیح داده می‌شوند، زیرا در مورد این سازه‌ها، نیروی درگ غالب می‌باشد. سیستم غیر خطی سختی نیز مؤید مناسب بودن تحلیل بازه زمانی برای برجهای مهار شده است. روشهای میدان فرکانسی را می‌توان برای تحلیل پاسخ حدی موج، جهت محاسبه ضریب افزایش دینامیکی به منظور ترکیب با بارهای استاتیکی، مورد استفاده قرار داد، به شرطی که خطی کردن نیروی درگ، توجیه‌پذیر باشد. برای برجهای مهار شده، غیر خطی کردن نیروی درگ و سختی مهاربندی، ضروری است. روشهای میدان فرکانسی، برای تحلیلهای خستگی امواج کوچک مناسب می‌باشند.

برای طراحی اعضا، تنشها را می‌توان به کمک تحلیلهای استاتیکی که به نحوی مطلوب، تأثیرات قابل توجه پاسخ دینامیکی را لحاظ می‌کنند، تعیین کرد. تأثیرات یاد شده را می‌توان به کمک تحلیلهای دیگری که بر اساس توصیه‌های این بخش صورت می‌گیرد، بررسی و مشخص کرد.

◄ ۲-۳-۲ باد

مشخصات باد طراحی، باید با تحلیل مناسب اطلاعات موجود بر اساس روش ارایه شده در بخش بارگذاری این آیین‌نامه تعیین گردد. نیروهای ناشی از باد، مشابه نیروهای ناشی از امواج، دارای ماهیت دینامیکی می‌باشند ولی عکس‌العمل بعضی از سازه‌های دریایی در مقابل این نیروها، به صورت استاتیکی می‌باشد.

نیروی ناشی از باد برای سکوهای فلزی ثابت دریایی معمولی، در آبهای کم‌عمق در مقایسه با نیروهای کلی وارد بر سازه بسیار کم و حدود (۱۰٪) می‌باشد. برای برآورد نیروی ناشی از باد روی کل یک سکوی دریایی، باید سرعتهای متوسط پایدار باد مورد استفاده قرار گیرند، ولی برای طراحی اعضای منفرد سکو، باید سرعتهای تندباد لحظه‌ای در نظر گرفته شوند.

در آبهای عمیق و برای شرایطی که سازه دارای انعطاف‌پذیری باشد، نیروی باد می‌تواند عمده باشد و در این شرایط باید برآورد دقیق نیروهای ناشی از باد انجام گیرد. تحلیل دینامیکی برای اثر نیروی باد، در شرایطی صورت می‌گیرد که میدان باد دارای انرژی قابل توجه در فرکانسهای نزدیک به فرکانس طبیعی

omoorepeyman.ir

سازه باشد. برای تحلیل دینامیکی در این شرایط، داشتن آگاهی کافی از شدت آشفتگی مشخصات طیف باد و همبستگی مکانی، ضروری می‌باشد. توضیح مختصر راجع به این موارد در ادامه ارایه می‌شود.

۲-۳-۲-۱ مشخصات باد

سرعت و جهت باد نسبت به زمان و مکان تغییر می‌نماید. در مقیاس مکانی مشخصات پایدار باد، سرعت متوسط و انحراف معیار سرعت در زمانهای یک ساعت، در جهت افقی تغییر نمی‌کند، ولی در جهت قائم با ارتفاع تغییر می‌نماید. در مدت زمان طولانی وزش باد، سرعتهای متوسط در زمانهای کوتاه‌تر، بیشتر از سرعت متوسط کلی باد هستند. نسبت این سرعت زیاد باد در مدت کوتاه (در حد چند دقیقه و کمتر) به سرعت متوسط کلی (حدود یک ساعت و بیشتر)، در اصطلاح، ضریب تندباد نامیده می‌شود. با توجه به مطالب فوق، مقدار سرعت باد وقتی معنادار است که ارتفاع و مدت زمان وزش آن مشخص باشد. سرعت باد به صورت یک مقدار مرجع **V (1hr , Zr)** ارایه می‌گردد که بیانگر سرعت متوسط یک ساعته در تراز **Zr** برابر ۱۰ متر از سطح زمین می‌باشد. نحوه تغییرات سرعت باد با ارتفاع و مدت زمان وزش، هنوز به طور کامل شناخته شده نیست و اطلاعات موجود پراکندگی زیادی را نشان می‌دهند.

روابط مختلفی برای بیان تغییرات باد در مراجع وجود دارد که می‌توان از روابط زیر در طراحی سکوها استفاده نمود.

۲-۳-۲-۱-۱ پروفیل متوسط

پروفیل متوسط برای میانگین سرعت باد، در یک ساعت در یک تراز اختیاری **Z** را می‌توان از رابطه زیر تخمین زد.

$$V\ (1hr\ ,\ z) = V\ (1hr\ ,\ zr)(Z/Zr)^{0/125} \qquad (۳)$$

۲-۳-۲-۱-۲ ضریب تندباد

می‌توان ضریب تندباد را از رابطه زیر به دست آورد:

$$\mathbf{G(t,Z) = \frac{V(T,Z)}{v(1hr,Z)} = 1 + g(t)I(z)} \qquad (۴)$$

omoorepeyman.ir

در این رابطه **I(z)** شدت آشفتگی می‌باشد که در بند بعد به آن پرداخته خواهد شد و **t** زمان تداوم تندباد بر حسب ثانیه است. ضریب **g(t)** از رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد:

برای زمانهای کوچکتر یا مساوی ۶۰ ثانیه $G(t)=3.0+Ln(3/t)0.6$

۲-۳-۲-۱-۳ شدت آشفتگی

شدت آشفتگی برابر است با انحراف معیار سرعت باد **σ(z)** تقسیم بر سرعت متوسط باد در یک ساعت که مقدار تقریبی آن را می‌توان از رابطه زیر به دست آورد:

برای $Z \le Z_H$ $$I(Z) \cong \frac{\sigma(z)}{V(1hr,Z)} = 0.15(Z/Z_H)^{-0.125}$$

برای $Z > Z_H$ $$I(Z) \cong \frac{\sigma(z)}{V(1hr,Z)} = 0.15(Z/Z_H)^{-0.275}$$

که درآن Z_H معدل ۲۰ متر و برابر ضخامت لایه سطحی می‌باشد.

۲-۳-۲-۱-۴ طیف باد

توزیع سرعت باد با فرکانسهای مختلف را می‌توان مشابه امواج، به صورت یک طیف نشان داد. با توجه به پراکندگی زیاد در طیفهای باد اندازه‌گیری شده، یک شکل طیف یکسان پذیرفته شده وجود ندارد. با این حال در شرایطی که داده‌های لازم برای تعیین طیف باد وجود نداشته باشد، می‌توان از شکل طیف ساده، مطابق رابطه زیر استفاده نمود:

$$\frac{fS(f)}{\sigma(z)^2} = \frac{f/fp}{[1+1.5f/fp]^{5/3}} \qquad (۵)$$

در این رابطه:

S(f): چگالی انرژی طیف در تراز **Z**

f: فرکانس بر حسب هرتز

σ(z): انحراف معیار سرعت باد

طیفهای ثبت شده باد نشانگر تغییرات زیاد در مقدار **fp** نزدیک مقدار متوسط، مطابق رابطه زیر هستند:

omoorepeyman.ir

$$\frac{f_p Z}{V(1hr,Z)} = 0.025 \qquad (۶)$$

با توجه به تغییرات زیاد مقدار **fp** در طیفهای ثبت شده، تحلیل حساسیت سکو در دامنه زیر، لازم می‌باشد:

$$0.01 \le \frac{f_p Z}{V(1hr,Z)} \le 0.10 \qquad (۷)$$

لازم است یادآور گردد که با توجه به این که رابطه **A** یک طیف بی‌بعد شده را به دست می‌دهد، **fp** بیانگر فرکانس متناظر با حداکثر انرژی در طیف واقعی انرژی باد نیست.

۲-۳-۲-۱-۵ وابستگی مکانی

سرعتهای لحظه‌ای بسته به مدت تداوم وزش باد، ماهیت سه بعدی فضایی دارند. به طور مثال، تندبادهای نیم ثانیه‌ای، در فاصله مکانی کمتری دارای سرعت یکسان می‌باشند و در نتیجه در مقایسه با تندبادهای ۱۵ ثانیه‌ای، بر اجزای کوچکتری ازعرشه یک سکو اثر می‌گذارند.

برای محاسبه حداکثر نیروی استاتیکی باد روی یک المان منفرد، سرعت باد سه ثانیه‌ای مناسب می‌باشد. اگر طول سطح در معرض باد یک سکو، کمتر از ۵۰ متر باشد، برای محاسبه جمع نیروهای وارد بر سازه، اعمال سرعت تندباد ۵ ثانیه‌ای توصیه می‌گردد. برای سکوهای دارای طول بادخور بیشتر، سرعت تندباد ۱۵ ثانیه‌ای برای محاسبه جمع نیروی کلی استاتیکی، مناسب می‌باشد.

در صورتی که سازه در مقابل نیروهای ناشی از باد، دارای پاسخ دینامیکی باشد ولی به یک تحلیل دینامیکی کامل نیاز نباشد، سرعت متوسط باد در یک دقیقه، برای محاسبه نیروهای ناشی از باد وارد بر روسازه مناسب می‌باشد. برای سازه‌هایی که دارای پاسخ دینامیکی در مقابل نیروهای ناشی از باد نیستند، سرعت متوسط یک ساعت برای محاسبه نیروی کلی ناشی از باد بر روسازه، به همراه نیروی حداکثر موج توصیه می‌گردد.

۲-۳-۲-۲ نیروی ناشی از باد

برای محاسبه نیروی ناشی از باد، باید از روابط مناسب نظیر رابطه زیر استفاده کرد:

$$F = (\frac{1}{2}) f_a V^2 C_S A \qquad (۸)$$

omoorepeyman.ir

که در آن:

F: نیروی باد بر حسب نیوتن بر متر مربع

f_a: چگالی هوا بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب

V: سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه

C_s: ضریب شکل

A: مساحت در معرض باد بر حسب متر مربع

۲-۳-۲-۳ ملاحظات محاسبه نیروی باد

برای انتخاب مقدار ضریب شکل با توجه به نوع سازه، برای محاسبه نیروی باد در جهتهای مختلف و دیگر ملاحظات نظیر در نظر گرفتن اثر فشار ناشی از باد، به بخش اول آیین‌نامه حاضر مراجعه گردد.

در صورتی که اطلاعات دقیق برای مقدار ضریب شکل C_s وجود نداشته باشد، برای شرایط برخورد عمود باد با سطح تصویر شده، مقادیر زیر توصیه می‌شوند:

الف: تیرها	۱/۵
ب: وجوه جانبی ساختمانها	۱/۵
ج: مقاطع استوانه‌ای	۰/۵
د: سطح کلی سکو	۱/۰

۲-۳-۳ جریان

در شرایطی که فقط جریان وجود داشته باشد، تنها نیروی درگ به سازه وارد می‌گردد و برای محاسبه نیروی درگ ناشی از جریان، باید از رابطه مورسیون، با صفر قرار دادن مقدار شتاب ذرات آب استفاده نمود. همچنین لازم است احتمال لرزش تمامی اعضای لاکری که در معرض جریان قرار می‌گیرند، به خاطر ایجاد گردابه طیف بخشهای مطرح در پیوست، مورد بررسی قرار گیرد.

در شرایط وجود جریان توأم با امواج، باید اثر ترکیبی آنها را در نیروی اعمالی به سازه، مورد توجه قرار داد. در این شرایط، لازم است سرعت جریان با سرعت برداری ذرات آب ناشی از امواج جمع گردد و

omoorepeyman.ir

سپس در رابطه مورسیون به کار گرفته شود. اگر سهم سرعت جریان در مقابل سرعت ذرات آب ناشی از امواج زیاد باشد، اثر اندرکنش جریان و موج باید مورد بررسی قرار گیرد. در مواقعی که اطلاعات کافی در خصوص احتمال وقوع ترکیب موج و جریان وجود داشته باشد، می‌توان از این اطلاعات برای انتخاب سرعت جریان طراحی استفاده نمود.

۲-۳-۴ زلزله

۲-۳-۴-۱ کلیات

در این بند، راهنماییهای لازم جهت طراحی سکوها در مقابل زلزله ارایه می‌شوند. نیازهای سکو برای مقابله با زلزله‌های احتمالی که سکو در معرض آنها قرار می‌گیرد، در دو بخش نیازمندیهای مربوط به مقاومت و شکل‌پذیری ارایه می‌شوند. هدف از نیازهای مربوط به مقاومت، تأمین ابعاد و اندازه‌های لازم برای اعضای سکو، به گونه‌ای است که سازه دارای سختی و مقاومت کافی باشد تا در مقابل سطوحی از زمین‌لرزه که احتمال تجاوز از آنها در طول عمر سازه از یک حد منطقی بیشتر نباشد، دچار آسیب سازه‌ای عمده‌ای نشود. هدف از نیازهای مربوط به شکل‌پذیری، آن است که سازه دارای ظرفیت شکل‌پذیری کافی باشد تا در برابر زمین لرزه‌های نادر و شدید دچار انهدام کلی نشود، اگر چه در این حالت ممکن است خسارات سازه‌ای به سکو وارد شود. باید توجه شود که مهم‌ترین تضمین برای رفتار مناسب سازه در مقابل زلزله، طراحی سازه به گونه‌ای است که دارای سختی، مقاومت و شکل‌پذیری کافی بوده و در ضمن، جزئیات اعضای سازه و نیز عملیات جوشکاری، به صورت مناسبی در آن طراحی و اجرا شده باشد.

توجه به این نکته لازم است که این بند، مربوط به حرکتهای ارتعاشی زمین ناشی از زلزله بوده و سایر فرایندهای مربوط به بستر دریا و نظیر آنها که در بندهای ۱-۳-۷-۳ و ۱-۳-۷-۴ به آنها اشاره شد، در این بند مورد بحث قرار نمی‌گیرند.

omoorepeyman.ir

۲-۳-۴-۲ ملاحظات مقدماتی

۲-۳-۴-۲-۱ ارزیابی فعالیتهای لرزه‌ای منطقه

در مناطقی که از نظر لرزه‌ای فعال هستند، شدت و خصوصیات حرکتهای زمین که در طراحی سکوها به کار می‌روند، باید توسط مطالعات خاص محلی تعیین شوند. در این مطالعات، گسلهای فعال منطقه، نحوه فرایند گسلها، حداکثر بزرگی زلزله‌ای که ممکن است توسط این گسلها تولید شود، فراوانی فعالیتهای لرزه‌ای در منطقه، نزدیکی محل سکوها به منابع لرزه‌ای، کاهندگی حرکتهای زمین در فاصله بین گسلها و محل سکو و سرانجام شرایط خاک محل، باید بررسی شوند.

برای تأمین نیازمندیهای مربوط به مقاومت، سکو باید برای آن دسته از حرکتهای زمین که خصوصیات آنها طبق موارد زیر تعیین می‌شود، طراحی شود. شدت حرکتهای زمین در هنگام یک زمین لرزه شدید و نادر نیز باید تعیین شود تا تصمیم‌گیری در مورد نیاز یا عدم نیاز به تحلیلهای خاص به عمل آید. در صورت نیاز به چنین تحلیلی، مشخصات حرکتهای زمین در این حالت نیز باید معین شود تا ضابطه لازم برای انجام چنین تحلیلی در دست باشد.

خصوصیات حرکتهای زمین، به صورت یک طیف هموار بازتاب و یا مجموعه‌ای از شتاب‌نگاشتهای زلزله که نماینده حرکتهای زمین در سطح مورد نظر طراحی باشند، ارایه می‌شوند. از آنجا که سکو باید نیازمندیهای خاصی را در مورد مقاومت و شکل‌پذیری تأمین نماید، دو سطح برای حرکتهای زمین، به شرح زیر باید در نظر گرفته شوند:

۱- حرکتی که احتمال تجاوز از آن در طول عمر سازه، از یک مقدار منطقی بیشتر نباشد. دوره بازگشت چنین حرکتی باید قدری بیشتر از دوره بازگشت امواج در نظر گرفته شود تا عدم قطعیتهای مربوط به برآورد بزرگی حرکتهای زمین، در محاسبات منظور شود. این دوره بازگشت حداقل باید برابر ۲۰۰ سال در نظر گرفته شود. این سطح از حرکت زمین، برای تحلیل و طراحی الاستیک سازه، به کار برده می‌شود و زلزله سطح مقاومت نامیده می‌شود.

۲- حرکتی که بیانگر یک زلزله شدید و نادر است. دوره بازگشت چنین حرکتی ممکن است چند صد سال باشد و برای مطالعات شکل‌پذیری سازه به کار می‌رود.

omoorepeyman.ir

چارچوب مطالعات خاص برای تعیین مشخصات حرکتهای زمین، شامل موارد زیر است:

الف: مشخص نمودن خصوصیات لرزه زمین محل ساخت

ب: ارزیابی ریسک وقوع زمین‌لرزه

ج: تعیین مشخصات حرکتهای زمین

د: تعیین مشخصات حرکتهای زمین برای استفاده در تحلیل و طراحی سازه‌ای

میزان جزئیاتی که در هر یک از موارد فوق باید مورد مطالعه قرار گیرد، به میزان عواقب اثر زلزله بر سکو و نیز میزان اطلاعاتی که در مورد محل در دست می‌باشد، وابسته است ولی در هر حال، برای مناطق خلیج فارس و دریای عمان، شتاب مؤثر حرکات زمین در زلزله سطح مقاومت، نباید کمتر از ۰/۰۶g در نظر گرفته شود.

۲-۳-۴-۲-۲ ارزیابی در مناطق دارای فعالیتهای لرزه‌ای کم

در مناطقی که دارای فعالیت لرزه‌ای کم می‌باشند، طراحی سکو توسط اثرات باد و امواج کنترل می‌شود. در مناطقی که بیشینه شتاب افقی حرکت زمین در زلزله سطح مقاومت کمتر از ۰/۱g باشد، به جای تحلیل اثرات زلزله در دو سطح مختلف مقاومت و شکل‌پذیری، طراحی سکو می‌تواند بر اساس تأمین نیازمندیهای مربوط به مقاومت، با در نظر گرفتن شدت و مشخصات مربوط به حرکت زمین در زلزله شدید و نادر انجام شود. در این حالت، تجهیزات عرشه سکو، ممکن است فقط بر اساس مشخصات حرکتهای زمین برای زلزله سطح مقاومت طراحی شود. در این حالت، اتصالات لوله‌ای سکو باید بر اساس تنشهای مجازی که در بند ۲-۳-۴-۵-۱ تعیین می‌شوند و با در نظر گرفتن نیروهای محاسباتی در اتصالات به جای نیروهای تسلیم کششی و یا نیروهای کمانشی فشاری اعضا، طراحی شوند. البته در این حالت لازم است طراح، قضاوت مهندسی لازم را در طراحی شکل کلی سازه و تعبیه درجات نامعینی کافی در سازه به کار گیرد و توجه لازم را به اثرات تغییرات ناگهانی در سختی و یا مقاومت سازه در ارتباط با پاسخ لرزه‌ای سازه، مبذول نماید.

omoorepeyman.ir

۲-۳-۴-۳ نیازمندیهای مقاومت

۲-۳-۴-۳-۱ مبانی طراحی

سکو باید به گونه‌ای طراحی شود که در برابر نیروهای اینرسی ناشی از اثر حرکت زمین در سطح مقاومت، که بر اساس ضوابط بند ۲-۳-۴-۲-۱ تعیین می‌شود، مقاومت نماید. نیروهای مذکور باید با استفاده از یکی از روشهای تحلیل دینامیکی، نظیر طیف بازتاب و یا تحلیل تاریخچه زمانی، به دست آیند.

در صورتی که شرایط زمین محل با سه نوع زمین مشخص شده در شکل ۲-۴ تطابق نماید، طیفهای بازتاب شکل مذکور ممکن است در تحلیل به روش طیف بازتاب مورد استفاده قرار گیرند. از آنجا که در شکل مذکور مقادیر بازتاب بر اساس شتاب ثقل به مقیاس در آمده‌اند، مقادیر مذکور باید در ضریب **G** که نسبت حداکثر شتاب افقی مؤثر زمین به شتاب ثقل است، ضرب شوند. در این روش، طیف حاصل باید به طور همزمان، در دو امتداد اصلی افقی سکو اعمال شود و همزمان با آن، طیفی به میزان $\frac{2}{3}$ برابر همان طیف در امتداد قائم، به سازه اعمال شود. مقادیر بازتاب باید مطابق ضوابط همین بند ترکیب شوند.

چنان‌چه طراحی بر اساس روش تاریخچه زمانی صورت گیرد، تاریخچه‌های زمانی شتاب که در ۳ امتداد مذکور به سازه اعمال می‌شوند، باید به گونه‌ای به مقیاس درآیند که طیف بازتاب آنها، با در نظر گرفتن (۵٪) میرایی سازه‌ای، با طیف بازتاب هدف در محدوده زمانهای تناوب مورد نظر، تطابق مناسبی داشته باشد. در این روش حداقل سه دسته شتاب‌نگاشت باید در تحلیل مورد استفاده قرار گیرند.

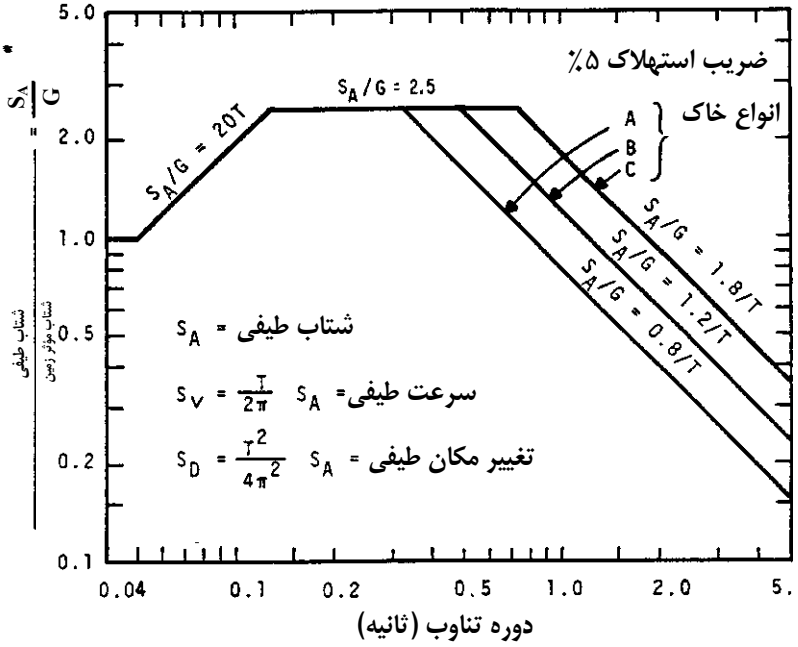
۲-۳-۴-۳-۲ مدل‌سازی سازه‌ای

جرمی که در تحلیل دینامیکی سازه به کار برده می‌شود، باید شامل جرمی باشد که با نیروهای ثقلی که در همین بند تعریف شده‌اند همراه است. همچنین جرم مایع محبوس در اجزای سازه و ملحقات آنها و نیز جرم اضافی ناشی از حرکت اجزای سازه در آب، باید در مدل‌سازی سازه در نظر گرفته شوند. جرم اضافی برای حرکتهای عمود بر محور طولی اعضای سازه، ممکن است بر اساس جرم آب جابه‌جا شده

omoorepeyman.ir

توسط این اجزا محاسبه شود. برای حرکتهای در راستای طول این اعضا، جرم اضافی آب قابل صرف نظر کردن است.

مدل تحلیلی، باید دربر گیرنده توزیع سه بعدی جرم و سختی در سازه بوده و اثرات عدم تقارن در توزیع جرم یا سختی که ممکن است منجر به بازتاب پیچشی قابل ملاحظه‌ای گردد، در نظر گرفته شوند. در محاسبه مشخصات دینامیکی سازه‌های فولادی مهار شده که بر روی پی‌های شمعی قرار دارند، برای همه مدهای ارتعاشی، باید میرایی ثابت (۵٪) در نظر گرفته شود. در صورت دسترسی به اطلاعات کافی و مطمئن، مقادیر دیگر میرایی ممکن است مورد استفاده قرار گیرند. در این حالت باید توجه شود که در صورت استفاده از طیفهای بازتاب شکل ۲-۴، مقادیر طیف نیز باید بر اساس میرایی مورد نظر اصلاح شوند.



شکل ۲-۴ طیفهای پاسخ به مقیاس در آمده

omoorepeyman.ir

۲-۳-۴-۳-۳ تحلیل بازتاب سازه

در روش تحلیل با استفاده از طیفهای بازتاب، برای ترکیب اثرات مدهای مختلف ارتعاشی برای هر یک از طیفهای اعمالی، باید از روش **CQC** استفاده و سپس برای ترکیب اثرات طیفهای اعمالی در امتدادهای مختلف، از روش **SRSS** استفاده شود. در این روش، حداقل ۲ مد ارتعاشی در هر یک از امتدادهای اصلی سازه و نیز حداقل ۲ مد پیچشی، باید در تحلیل پاسخ سازه مورد استفاده قرار گیرند. تعداد مدهای انتخابی باید به میزانی باشد که حداقل (۹۰٪) کل جرم سازه در هر یک از امتدادهای اصلی سازه را شامل شوند.

در روش تحلیل تاریخچه زمانی با استفاده از شتاب‌نگاشتها، هر یک از پارامترهای بازتاب باید با متوسط‌گیری از مقادیر حداکثر بازتاب در اثر اعمال هر دسته از شتاب‌نگاشتها، به دست آید. بارهای ناشی از زلزله، باید با سایر نیروهایی که به طور همزمان به سازه اثر می‌کنند، نظیر بارهای ثقلی، بارهای شناوری و فشارهای هیدرواستاتیکی ترکیب شوند. بارهای ثقلی باید شامل بارهای مرده، بارهای زنده واقعی موجود در سازه و (۷۵٪) ماکزیمم بارهای انبار باشند. بارهای زنده واقعی، باید به صورت درصدی از بارهای زنده که برای طراحی عرشه‌ها به کار برده می‌شوند، در نظر گرفته شوند.

۲-۳-۴-۳-۴ ارزیابی بازتاب سازه

در محاسبات تنشهای اعضای سازه‌ای، تنشهای ناشی از زلزله باید با تنشهای ناشی از نیروهای ثقلی، فشار هیدرواستاتیکی و نیروی غوطه‌وری ترکیب شوند. در بررسی نیازمندیهای مربوط به مقاومت، تنشهای مجاز پایه **AISC** و نیز تنشهایی که در فصل ۴ ارایه شده‌اند را می‌توان به میزان (۷۰٪) افزایش داد. رفتار شمع و خاک بررسی و نیز طراحی شمعها، بر اساس مطالعات خاص انجام شود. این مطالعات باید نیروهای محاسبه شده بر اساس بند فوق را به همراه اثرات زلزله بر روی خواص خاک، در تعیین ظرفیت باربری محوری و جانبی شمع در نظر بگیرد. سختی و ظرفیت باربری فونداسیونهای شمعی، باید به ترتیبی که سازگاری داشته باشند، در محاسبات مربوط به عکس‌العمل محوری و جانبی در نظر گرفته شوند.

omoorepeyman.ir

۲-۳-۴-۴ نیازمندیهای شکل‌پذیری

هدف از این قسمت، ارایه ضوابطی است که با رعایت آنها، سکوهایی که در نواحی فعال لرزه‌ای قرار می‌گیرند، دارای ذخیره ظرفیت کافی برای جلوگیری از فروپاشی در برابر زلزله‌های شدید و نادر باشند. برای سازه‌های نوع جاکت سنتی که دارای ۸ پایه یا بیشتر باشند، چنان‌چه لرزه خیزی منطقه به گونه‌ای باشد که نسبت حرکتهای زمین در زلزله شدید و نادر، به حرکتهای زلزله سطح مقاومت، کمتر یا مساوی ۲ باشد و نیز شمعها بر روی خاکی قرار گرفته باشند که تحت حرکتهای زلزله شدید و نادر پایدار باشد، در صورت رعایت موارد زیر، نیازی به انجام تحلیلهای صریح برای نشان دادن ظرفیت شکل‌پذیری سازه نیست.

الف: پایه‌های جاکت و شمعهای محصور در آنها به گونه‌ای طراحی شوند که ضوابط بند ۲-۳-۴-۳-۴، با در نظر گرفتن نیروهایی که ۲ برابر نیروهای حاصل از اثر زلزله سطح مقاومت باشند، در آنها رعایت شده باشد.

ب: مهاربندیهای قطری در قابهای قائم، به گونه‌ای قرار داده شوند که نیروهای برشی در فواصل بین قابهای افقی، تا حدودی مساوی بین مهاربندهای کششی و فشاری تقسیم شوند. استفاده از مهاربند **K** در این سازه‌ها مجاز نیست. چنان‌چه رعایت این ضابطه در برخی از نواحی سازه، از جمله در ناحیه قابی‌شکل حد فاصل جاکت و عرشه امکان‌پذیر نباشد، اعضای سازه‌ای باید به گونه‌ای طراحی شوند که ضوابط بند ۲-۳-۴-۳-۴، با در نظر گرفتن نیروهایی که دو برابر نیروهای حاصل از اثر زلزله سطح مقاومت باشند، رعایت شوند.

ج: در تراز قابهای افقی، اعضای افقی بین پایه‌های مجاور در قابهای قائم تعبیه شوند و این اعضا، ظرفیت کافی فشاری برای تحمل نیروهای ناشی از باز توزیع بارها به دلیل کمانش مهاربندهای قطری مجاور را دارا باشند.

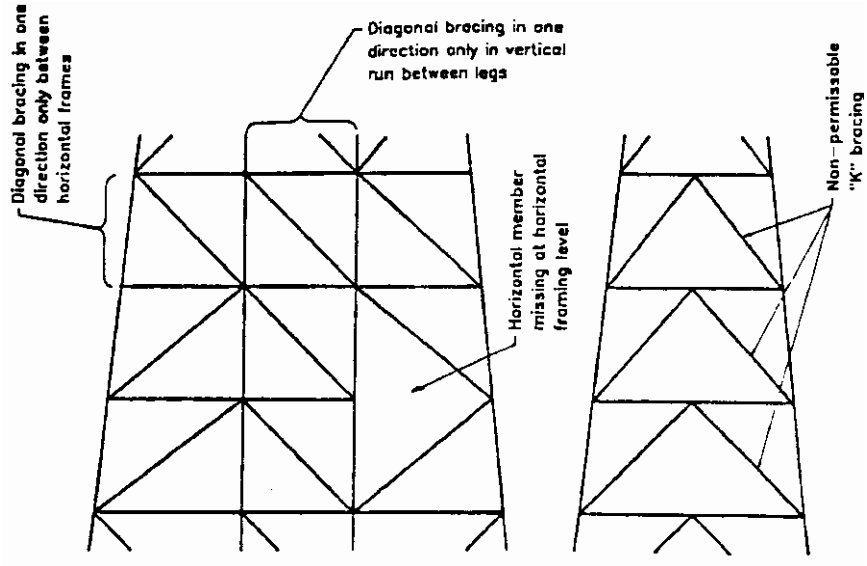
د: نسبت لاغری (**KL/r**) در مهاربندهای اصلی قطری در قابهای قائم، از ۸۰ تجاوز نکند و نسبت قطر به ضخامت آنها نیز از $۱۳۱۰۰/F_y$ تجاوز نکند (F_y تنش تسلیم بر حسب مگاپاسکال است).

هـ: در این سازه‌ها، تمامی اعضای غیر لوله‌ای در اتصال با قابهای قائم، باید به عنوان مقاطع فشرده بر طبق ضوابط **AISC** طراحی شده و یا به گونه‌ای طراحی شوند که ضوابط بند ۲-۳-۴-۳-۴، در

omoorepeyman.ir

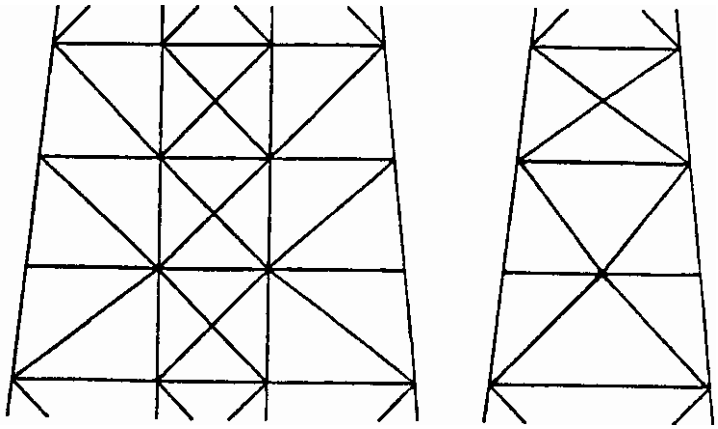
آنها با در نظر گرفتن نیروهایی که ۲ برابر نیروهای حاصل از اثر زلزله سطح مقاومت باشند، رعایت شود. شکل ۲-۵، نمونه‌هایی از اشکال قابهای سازه‌ای که در آنها ضوابط مذکور رعایت نشده و شکل ۲-۶ نمونه‌هایی که در آنها این ضوابط رعایت شده‌اند را نشان می‌دهند.

سیستمهای سازه‌ای که شرایط فوق را دارا نباشند، باید تحلیل شده و توانایی آنها برای تحمل زلزله شدید و نادر که مشخصات آن مطابق بند ۲-۳-۴-۲-۱ تعیین شده، بدون فروپاشی نشان داده شود. در مدل‌سازی رفتار سازه، باید مشخصه‌های کاهش مقاومت و سختی، تحت اثر چرخه‌های بارگذاری و اندرکنش نیروهای محوری، لنگرهای خمشی و فشارهای هیدرواستاتیکی در نظر گرفته شوند. اثرات $P-\Delta$ نیز باید با در نظر گرفتن تغییر فرمهای الاستیک و غیر الاستیک ایجاد شده در سازه و یا فونداسیون شمعی، در محاسبات منظور شوند.



شکل ۲-۵ نمونه‌هایی از قابهایی که ضوابط بند ۲-۳-۴-۴ را اقناع نمی‌نماید.

omoorepeyman.ir



شکل ۲-۶ نمونه‌هایی از قابهایی که ضوابط بند ۲-۳-۴-۴ را اقناع می‌نماید.

۲-۳-۴-۵ نکات اضافی

۲-۳-۴-۵-۱ اتصالات لوله‌ای

به استثنای مواردی که بر طبق بند ۲-۳-۴-۲-۲ عمل شده باشد، در مواردی که شتاب افقی حرکت زمین در زلزله سطح مقاومت، بیشتر از ۰/۰۵g باشد، اتصالات اعضای لوله‌ای اصلی سازه، باید برای بار تسلیم کششی و یا بار فشاری کمانشی اعضایی که به اتصال منتهی می‌شوند، هر کدام که متناسب با رفتار نهایی سازه باشد، طراحی شوند.

ظرفیت اتصال ممکن است بر اساس روابط بند ۳-۳ محاسبه شود، ضمن آنکه مقادیر $\mathbf{V_{pa}}$، $\mathbf{P_a}$ و $\mathbf{M_a}$ را می‌توان به میزان (۷۰٪) افزایش داد. ضریب $\mathbf{A}$ که در تعیین $\mathbf{V_{pa}}$ به کار می‌رود، باید با استفاده از رابطه زیر محاسبه شود.

$$\mathbf{A} = \sqrt{\frac{\bar{\mathbf{f}}_{\mathbf{AX}}^2 + \bar{\mathbf{f}}_{\mathbf{IPB}}^2 + \bar{\mathbf{f}}_{\mathbf{OPB}}^2}{\mathbf{Fy}}} \qquad (۹)$$

در رابطه فوق، $\bar{\mathbf{f}}_{\mathbf{AX}}$، $\bar{\mathbf{f}}_{\mathbf{IPB}}$ و $\bar{\mathbf{f}}_{\mathbf{OPB}}$ تنشهای موجود در عضو اصلی در اثر نیروهایی است که از ترکیب ۲ برابر نیروهای ناشی از زلزله سطح مقاومت با نیروهای ثقلی، فشار هیدرواستاتیکی و نیروهای غوطه‌وری، به دست آمده باشند.

omoorepeyman.ir

۲-۳-۴-۵-۲ تجهیزات و تخمینهای الحاقی عرشه

تجهیزات، لوله‌ها و سایر بخشهای الحاقی، باید طوری به فونداسیون متصل شوند که توانایی تحمل نیروهای ناشی از زلزله را دارا باشند و تغییر مکانهای به وجود آمده، طوری مقید شوند که آسیبی به تجهیزات، لوله‌ها و سایر ملحقات وارد نشود. تجهیزات باید با استفاده از اتصالات جوش شده، پیچهای مهاری، گیره‌ها، مهاربندهای جانبی و یا سایر فرمهای مناسب، به پایه متصل شوند. طراحی ادوات اتصال، باید ملاحظات مقاومت و توانایی تحمل تغییر شکلهای ایجاد شده را در نظر گیرد. ملاحظات خاصی در طراحی اتصالات آن دسته از تجهیزات و لوله‌هایی که خرابی در آنها، ممکن است منجر به آسیب‌دیدگی افراد، نشت مواد مضر و آلودگی محیط زیست شود، صورت گیرد.

شتابهای طراحی که برای اتصالات این تجهیزات به کار می‌روند، باید دربر گیرنده بازتاب دینامیکی کلی سازه و در صورت نیاز، بازتاب موضعی عرشه و خود آن تجهیزات باشند. به واسطه بازتاب دینامیکی سازه، این شتابها خیلی بزرگتر از شتابهایی هستند که برای طراحی تجهیزات مشابه در میادین خشکی باید به کار روند.

بیشتر انواع تجهیزاتی که به صورت مناسب به عرشه مهار شده باشند، به اندازه کافی سخت بوده و بازتاب موضعی دینامیکی آنها قابل صرف نظر کردن است، لذا بازتاب آنها را می‌توان با استفاده از شتاب بیشینه ایجاد شده در عرشه، با استفاده از تحلیل کلی سازه به دست آورد.

برای آن دسته از تجهیزات عرشه که دارای شرایط جسم صلب نمی‌باشند، طراحی باید بر اساس تحلیل دینامیکی مدل غیر درگیر تجهیزات و سازه، با در نظر گرفتن طیف پاسخ عرشه مربوط و یا بر اساس تحلیل دینامیکی سیستم درگیر سازه و تجهیزات انجام شود. مثالهایی از این دسته از تجهیزات عبارتند از:

۱- تجهیزات حفاری
۲- دکل مشعل
۳- طره‌های عرشه
۴- مخازن تحت فشار بلند
۵- جرثقیلهای بزرگ

omoorepeyman.ir

یادآوری می‌شود روش دوم تحلیلهای مذکور، دقیق‌تر بوده و مقادیر پایین‌تری از شتاب را به دست می‌دهد. سازه‌ها و یا مهارهای تجهیزات که بر روی عرشه قرار گرفته‌اند، باید بر اساس افزایش (۳۳٪) در تنشهای مجاز، برای بارهای ناشی از زلزله طراحی شوند.

۲-۳-۵ بارهای تصادفی

سکوهای دریایی، ممکن است در معرض بارهای تصادفی از قبیل ضربه قایقها و بارجها، ضربه ناشی از سقوط اجسام و انفجار قرار گیرند. در طراحی سازه و جانمایی تجهیزات، لازم است توجه کافی به موارد فوق برای کاهش اثرات این نیروها، مبذول گردد.

اثرات ضربه قایقها، باید در طراحی اعضایی از سکو که در حوالی سطح آزاد آب قرار گرفته‌اند و نیز رایزرها، در نظر گرفته شوند. برای مقابله با این اثرات، می‌توان از پهلوگیرها، ضربه‌گیر بارجها و یا انواع دیگری از سیستمهای محافظ استفاده نمود. برخی از نواحی عرشه، نظیر محلهایی که جرثقیلها برای برداشت و گذاشت محموله‌ها استفاده می‌کنند و یا حوالی نزدیک دستگاه حفاری، بیشتر در معرض ضربه ناشی از سقوط اجسام هستند.

سکوهای دریایی به دلیل داشتن یک سیستم سازه‌ای قاب فضایی باز متشکل از اعضای لوله‌ای یا مقاطع نورد شده، در مقابل انفجار دارای مقاومت خوبی هستند. در مواقعی که لازم است بخشی از عرشه سکو را به خاطر خطرات احتمالی انفجارهای گازی، به صورت محفظه‌ای بسته در آورد، دیوارها یا پوششهای کناری این محفظه‌ها باید دارای پانلهایی باشند که در اثر فشارهای پایین‌تر، دچار خرابی شوند و به این ترتیب، اثرات بارها بر روی اعضای اصلی سازه را به حداقل برسانند.

در مدارک فنی مربوط به طراحی سکو، باید ضوابط مربوط به طراحی سازه در برابر بارهای تصادفی معین شود. برای تحلیل سکو در برابر ضربه بارج، مشخصات بارج مورد نظر و سرعت برخورد باید مشخص باشد. تناژ بارج نباید کمتر از ۱۵۰۰ تن در نظر گرفته شود. در این تحلیل باید نشان داده شود که سازه، از طریق تغییر شکلهای الاستیک و غیر الاستیک و در صورت وجود عکس‌العمل ضربه‌گیرها، قادر است انرژی ضربه بارج را بدون آن که خرابی کلی در سازه اتفاق افتد، جذب نماید. موارد جذب انرژی در سازه سکو عبارتند از:

omoorepeyman.ir

الف: تغییر شکلهای موضعی در عضو ضربه دیده

ب: تغییر شکلهای الاستیک و غیر الاستیک عضو ضربه دیده

ج: چرخشهای غیر الاستیک در مفاصل پلاستیک عضو ضربه دیده

د: تغییر شکل‌دهی سازه سکو

در حالتی که تحلیل مذکور نشان دهد که سازه در اثر ضربه بارج، دچار آسیب می‌شود ولی قابلیت جذب انرژی کافی را دارد، یک تحلیل برای شرایط بعد از ضربه ضروری است. در این تحلیل، سازه باید تحت تأثیر شرایط محیطی با دوره بازگشت ۱ سال شامل باد، امواج و جریانهای دریایی قرار گیرد و نشان داده شود سازه آسیب دیده، قادر به تحمل این شرایط است. در این تحلیل، تنشهای مجاز پایه می‌توانند با (۳۳٪) افزایش، برای کنترل اعضای اتصالات مورد استفاده قرار گیرند.

۲-۴ نیروهای حین ساخت و نصب

۲-۴-۱ کلیات

نیروهای حین ساخت، آن دسته از نیروهایی هستند که در هنگام حمل و نقل و مونتاژ سازه در یارد ساخت، به اعضا و اجزای سازه وارد می‌شوند. نیروهای حین عملیات نصب، نیروهایی هستند که در هنگام حمل سازه از یارد ساخت به محل نصب و نیز در طول عملیات نصب، به سازه و اجزای آن وارد می‌شوند. چون نیروهای حین عملیات نصب، دارای اثرات دینامیکی هستند، لازم است نیروهای استاتیکی مربوطه، با در نظر گرفتن ضرایب ضربه، افزایش یافته و برای طراحی مورد استفاده قرار گیرند. در خصوص آن دسته از نیروهای حین نصب که فقط در هنگام حمل و به آب اندازی به سازه وارد شده و دربر گیرنده اثرات شرایط محیطی می‌باشند، تنشهای پایه مجاز را می‌توان مطابق بند ۳-۱-۲، به میزان (۳۳٪) افزایش داد.

omoorepeyman.ir

۲-۴-۲ نیروهای بلند کردن

۲-۴-۲-۱ کلیات

نیروهای بلند کردن، ممکن است در حین عملیات مونتاژ سازه در یارد ساخت و یا در حین عملیات نصب در دریا، به سازه اعمال شوند. میزان این نیروها باید با در نظر گرفتن اثرات استاتیکی و دینامیکی این عملیات تعیین شود. اثر این نیروها بر روی گوشواره‌های بلند کردن و سایر اعضا، باید دربر گیرنده مؤلفه‌های افقی و قائم نیروها باشد. اثر افقی زمانی اتفاق می‌افتد که کابلهای بلند کردن به طور کامل قائم نباشند. در صورت ضرورت، در مؤلفه قائم نیروها باید اثرات نیروهای شناوری لحاظ شده باشند.

برای در نظر گرفتن اثرات هر نوع بارگذاری جانبی بر روی گوشواره‌های بلند کردن، علاوه بر مؤلفه‌های افقی و قائم نیروهایی که در نتیجه تحلیل حالت بلند کردن به دست می‌آیند، گوشواره‌ها و اعضای سازه‌ای متصل به آن، باید برای یک بار افقی به میزان (۵٪) نیروی استاتیکی موجود در کابل، که به طور همزمان با نیروهای موجود در کابل به گوشواره اعمال می‌شود، طراحی گردند. این نیروی افقی باید در امتداد عمود بر صفحه گوشواره در محل مرکز سوراخ اعمال شود.

۲-۴-۲-۲ نیروهای استاتیکی

در شرایط آویزان بودن سازه از قلاب، سازه در شرایطی قرار می‌گیرد که برایند کلیه نیروهای قائم وارد بر آن، در حالت تعادل باشد. این حالت تعادل باید برای تعیین میزان نیروهایی که در هر یک از اعضای سازه و کابلها به وجود می‌آیند، مورد استفاده قرار گیرد. حرکتهای ایجاد شده در سازه در هنگام بلند کردن و قرار دادن در محل نیز باید برای تعیین حالتهای بحرانی ترکیب نیروها، مورد توجه قرار گیرند.

۲-۴-۲-۳ ضرایب دینامیکی بار

هنگامی که جرثقیل و یا سازه مورد نظر برای بلند کردن بر روی بارج شناور قرار دارد، اثرات ضربه ناشی از حرکتهای شناور، در تعیین بارهای ناشی از بلند کردن باید در نظر گرفته شوند و ضرایب دینامیکی بار، به بارهای طراحی که مطابق بندهای قبلی تعیین شده‌اند اعمال شود.

omoorepeyman.ir

جدول ۲-۲ حداقل ضرایب ضربه برای اجزای با اوزان مختلف

وزن	ضریب ضربه
وزنهای کمتر از ۷۵ تن	۲/۵
وزنهای بین ۷۵ تا ۵۰۰ تن	۱/۴
وزنهای بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ تن	۱/۲
وزنهای بین ۱۰۰۰ تا ۲۵۰۰ تن	۱/۱۵
وزنهای بیشتر از ۲۵۰۰ تن	۱/۱

۲-۴-۲-۴ تنشهای مجاز

در طراحی سازه در مقابل بارهای ناشی از بلند کردن، تنشهای مجاز پایه باید مطابق بند ۳-۱-۱ مورد استفاده قرار گیرند و افزایش تنشهای مجاز به دلیل کوتاه بودن مدت زمان اعمال، بار نباید در نظر گرفته شود.

۲-۴-۲-۵ اثرات رواداریها

رواداریهای ساخت سازه و رواداریهای طول کابلها، بر روی چگونگی توزیع نیروها و تنشهای ایجاد شده در سازه مؤثر می‌باشند. رواداریهای ساخت سازه باید مطابق فصل ۹ این آیین‌نامه رعایت شوند و به علاوه تغییرات طول کابلها از (۰/۲۵٪) طول کابل و یا ۳۸ میلیمتر، تجاوز ننماید. بنابراین حداکثر تغییرات طول کابل (از طویل‌ترین تا کوتاه‌ترین) نباید (۰/۵٪) طول کابل و یا ۷۵ میلیمتر بیشتر باشد.

۲-۴-۲-۶ کابلها، قلابها و سایر ملحقات

برای عملیات دریایی در حالت عادی، کابلها باید به گونه‌ای انتخاب شوند که دارای حداقل ضریب اطمینان ۴ برای بارهای استاتیکی ایجاد شده در کابل، در مقایسه با حداقل بار گسیختگی تعیین شده توسط تولید کننده کابل باشند. بار استاتیکی ایجاد شده در کابل، باید حداکثر مقداری باشد که بر اساس در نظر گرفتن حالتهای مختلف بارگذاری به دست می‌آید.

قلابها و سایر ملحقات مربوط به عملیات بلند کردن را می‌توان چنان انتخاب کرد که میزان بار عملیاتی تعیین شده توسط تولید کننده، بزرگتر از بار استاتیکی ایجاد شده در کابل باشد، به شرطی که

omoorepeyman.ir

ضریب اطمینانی حداقل برابر با ۳، در تعیین بار عملیاتی مذکور در مقایسه با بار شکست، توسط تولید کننده در نظر گرفته شده باشد.

۲-۴-۲-۷ مدل تحلیل

برای تحلیل سازه در شرایط بلند کردن، باید مدل سه بعدی در نظر گرفته شود و موقعیت قلاب، در راستای قائم مرکز ثقل سازه قرار گیرد. ارتفاع قلاب باید به گونه‌ای تعیین شود که حداقل زاویه کابل با صفحه افق، ۵۵ درجه باشد. در تحلیل برای در نظر گرفتن اثرات رواداریهای طول کابلها بر توزیع نیروها، حالتهای نامتوازن توزیع بار در نظر گرفته شود. عدم توازن توزیع بار، به سختی سازه وابسته است و چنان‌چه مقادیر دیگری در مشخصات فنی پروژه معین نشده باشند، باید توزیعهای نامتوازن زیر برای تحلیل سازه‌هایی که با استفاده از ۴ نقطه بلند می‌شوند، به کار گرفته شود:

الف: سازه‌های نوع جاکت

توزیع نامتوازن (۲۵٪): (۷۵٪) در جفت کابلهای مجاور

ب: سازه‌های نوع عرشه

توزیع نامتوازن (۳۳٪): (۶۷٪) در جفت کابلهای مجاور

همچنین لازم است در برآورد وزن سازه‌ها، ضرایب اطمینان لازم اعمال شود. ضرایب اطمینان، وابسته به مرحله طراحی و میزان دقت اطلاعات موجود در مورد اجزای سازه‌ای و غیر سازه‌ای مجموعه است. علاوه بر مقادیر وزن، در خصوص موقعیت مرکز ثقل نیز عدم قطعیتهای محتمل باید در تحلیل در نظر گرفته شوند. با توجه به عواقب هرگونه خرابی در اجزایی که به طور مستقیم به نقاط بلند کردن مجموعه متصل هستند، علاوه بر ضرایب دینامیکی و ضوابط بند حاضر، ضرایب جدول ۲-۳ باید در نیروهای حاصل برای طراحی این اجزا، ضرب شوند.

جدول ۲-۳

گوشواره‌ها، بازوهای بلند کردن و تیرهای شاهین	ضریب ۱/۳۵
اعضای سازه‌ای که به طور مستقیم، به نقاط بلند کردن متصل می‌شوند.	ضریب ۱/۱۵

omoorepeyman.ir

۲-۴-۳ نیروهای بارگیری

۲-۴-۳-۱ بلند کردن مستقیم

چنان‌چه برای بارگیری سازه بر روی بارج حمل، از روش بلند کردن مستقیم استفاده شود و ترتیبات بلند کردن شامل وضعیت گوشواره‌ها، مشخصات کابل و تجهیزات و موقعیت قلاب بلند کردن، با عملیات نصب مورد نظر در دریا یکسان باشند، نیازی به تحلیل مجدد سازه برای عملیات نبوده و تحلیلهای انجام گرفته برای عملیات نصب، کافی است. چنان‌چه ترتیبات فوق متفاوت باشد، ضروری است تحلیل مذکور با در نظر گرفتن شرایط مورد نظر برای عملیات بارگیری، مطابق بند ۲-۴-۲، به طور جداگانه انجام شود.

۲-۴-۳-۲ حرکت افقی به طرف بارج

سازه‌هایی که از طریق کشیده شدن روی تیرهای سرسره یا با استفاده از وسایل حمل نظیر بوژی یا تریلر، روی بارج بارگیری می‌شوند، تحت شرایط بارگذاری خاصی ناشی از حرکتهای بارج، در اثر نوسانهای سطح آب، تغییرات آبخور و نیز تغییرات نسبی موقعیت تکیه‌گاهها در مسیر حرکت در یارد می‌باشند. شرایط بارگذاری و تکیه‌گاهی که باید در مدل تحلیلی در نظر گرفته شوند، به نوع سازه و روش بارگیری وابسته است و شرایط مذکور باید در مشخصات فنی پروژه، تبیین شده و در محاسبات در نظر گرفته شوند.

در حالتی که سازه مورد بارگیری دارای تکیه‌گاههای منفرد باشد، شرایط از دست رفتن یک یا چند تکیه‌گاه باید بررسی شود. همچنین حالتهای متناظر با تغییر ارتفاع هر تکیه‌گاه در محدوده ۲۵± میلیمتر، باید مطالعه شود.

در حالتی که سازه مورد بارگیری دارای تکیه‌گاههای پیوسته باشد، نظیر بارگیری جاکتهای دارای خرپای آب اندازی که بر روی تیرهای سرسره کشیده می‌شوند، حالتهای متناظر با طره شدن جاکت بر لبه اسکله بارگیری یا بر روی بارج و نیز حالت مربوط به قرارگیری جاکت در نقاط انتهایی خرپای آب اندازی، که متناظر با حالتی است که بارج بارگیری دچار شیب شود، باید در مطالعات در نظر گرفته شوند.

omoorepeyman.ir

۲-۴-۴ نیروهای ناشی از حمل

۲-۴-۴-۱ کلیات

نیروهای ناشی از حمل، با توجه به روش حمل که به صورت خود شناور و یا حمل توسط بارج می‌باشد، باید در طراحی در نظر گرفته شوند. نیروهای مذکور از طریق تکیه‌گاههای تعبیه شده بر روی بارج، یا از طریق تعادل نیروهای ثقلی با نیروهای شناوری و یا از اثرات شرایط محیطی که در زمان حمل با آنها مواجه می‌شوند، ناشی می‌گردند.

۲-۴-۴-۲ شرایط محیطی

انتخاب شرایط محیطی که باید در تعیین حرکتهای سازه در طول زمان حمل مورد استفاده قرار گیرد، به عوامل زیر وابسته است:

الف: تجارب قبلی در مسیر مورد نظر برای حمل

ب: طول زمان حمل و میزان اطمینان در مورد پنجره زمانی در نظر گرفته شده برای عملیات مذکور

ج: قابلیت دسترسی به پناهگاههای امن در طول عملیات حمل، در صورت بروز شرایط بحرانی

د: شرایط فصلی آب و هوا در منطقه

هـ: تناسب دوره بازگشت در نظر گرفته شده برای تعیین شرایط باد، موج و جریان

۲-۴-۴-۳ تعیین مقدار نیروها

مجموعه بارج، سازه و مهاربندهای مربوطه، باید برای اثر نیروهای ثقلی، اینرسی و هیدرودینامیکی ناشی از اعمال شرایط محیطی در نظر گرفته شده برای شرایط حمل، تحلیل گردند. تحلیل باید بر اساس مدلهای فیزیکی یا روشهای تحلیلی مناسب انجام شود. شرایط باد و حالتهای دریایی با جهتهای برخورد طولی، عرضی و مورب، باید در تعیین حداکثر نیروهای ایجاد شده در اعضا مورد توجه قرار گیرند.

در حالتهایی که اندازه سازه و یا بارج حمل به طور قابل ملاحظه‌ای بزرگ باشد، با توجه به شرایط تکیه‌گاههای در نظر گرفته شده برای مهاربندی سازه، سختی نسبی سازه و بارج باید در تحلیلهای سازه‌ای در نظر گرفته شود. در مواردی که اندازه نسبی بارج و جاکت و حالتهای دریایی در نظر گرفته

omoorepeyman.ir

شده، اجازه چنین فرضی را بدهند، حرکتهای بارج مربوطه را می‌توان به صورت حرکتهای یک جسم صلب فرض نموده و نیروهای اینرسی ناشی از حرکتهای مذکور، با در نظر گرفتن زمانهای تناوب و دامنه‌های مناسب، با ترکیب حرکتهای غلطشی عرضی با حرکتهای قائم و یا حرکتهای غلطشی طولی با حرکتهای قائم، در تحلیل سازه به کار می‌روند.

در حالتی که وزن سازه مورد نظر برای حمل و نقل، کمتر از ۳۰۰۰ تن بوده و عرض بارج از ۲۳ متر و طول آن از ۷۶ متر بزرگتر باشند، ضوابط **Noble Deton** به شرح زیر، می‌تواند برای بیان حرکتهای فوق مورد استفاده قرار گیرد:

الف: حرکتهای غلطشی عرضی:

۲۰ درجه دوران در زمان ۱۰ ثانیه

ب: حرکتهای غلطشی طولی:

۱۲/۵ درجه دوران در زمان ۱۰ ثانیه

ج: حرکتهای قائم:

۵ متر حرکت قائم در زمان ۱۰ ثانیه

۲-۴-۴-۴ سایر ملاحظات

جاکتهای بزرگ یا برجهای مهار شده، دارای ابعاد بزرگتری از بارج می‌باشند و لذا در هنگام حمل و نقل، ممکن است برخی از اعضای بیرون زده آنها، در اثر حرکتهای بارج دچار حالت غوطه‌وری شوند. این اعضا باید برای اثرات نیروهای ضربه آب و نیروهای غوطه‌وری، مورد مطالعه قرار گیرند. اثرات ارتعاشهای ناشی از پدیده جدا شدن گردابه‌ها در اثر باد، بر روی اعضای طولانی و لاغر سازه در طول دوره حمل نیز باید مطالعه شوند. البته به طور ساده‌ای می‌توان با قرار دادن طنابهایی که به صورت مارپیچ بر روی این اعضا پیچیده شده باشند، از بروز این شرایط جلوگیری کرد.

برای حالتهایی که مسیر حمل و نقل طولانی بوده و زمان حمل بیش از ۲۵ روز باشد، تنشهای تکرار شونده ناشی از حرکتهای سازه در طول دوره حمل، ممکن است اثر خستگی بر روی اجزا و اتصالات سازه داشته باشند. در این شرایط باید تحلیل خاصی برای بررسی این اثرات انجام شده، آسیب ناشی از خستگی

omoorepeyman.ir

در طول عملیات حمل محاسبه شده و این اثرات نیز در تحلیل خستگی اعضا و اتصالات (طبق فصل ۳) لحاظ شوند.

۲-۴-۵ نیروهای به آب اندازی و قائم کردن سازه

۲-۴-۵-۱ آب اندازی

سازه‌های شابلونی و بارجهای مهار شده، در نزدیکی محل نصب و از روی بارجهای حمل، به آب انداخته می‌شوند. مسیر سرسره آب اندازی بر روی عرشه بارج، به بازوی چرخان ختم می‌شود. پس از سر خوردن سازه بر روی مسیر سرسره و رسیدن سازه به حالت ناپایدار، بازوی چرخان چرخیده و سازه بر روی این بازوی چرخان سُر خورده و به آب انداخته می‌شود.

در تحلیل به آب اندازی، نیروهای اعمال شده به سازه در تمام مسیر به آب اندازی باید محاسبه شوند. تغییر شکل بازوی چرخان و اثرات آن بر توزیع بارها نیز باید در این محاسبات منظور شوند. بحرانی‌ترین حالت بارگذاری در لحظه چرخش بازوی چرخان اتفاق می‌افتد. اثرات دینامیکی نیروها در عملیات به آب اندازی نیز باید در محاسبات منظور شوند. در تحلیل عملیات آب اندازی باید اثرات باد، جریانهای دریایی و امواج، روی بارج و سازه در نظر گرفته شوند.

در تحلیلهای آب اندازی، با توجه به جنس مواد در سطح تماس سازه و سرسره، باید ضرایب اصطکاک مناسب انتخاب شوند و تحلیلها برای محدوده‌ای از ضرایب فوق انجام گیرد تا اثرات عدم قطعیت این ضرایب، در نتایج تحلیل بررسی شوند. در مطالعات مذکور باید نشان داده شود که حداقل فاصله بین جاکت و بستر دریا در طول مراحل شیرجه آب اندازی، بیش از ۱۰ متر می‌باشد. البته در حالتی که فرض شود یکی از اعضای اصلی جاکت که تأمین کننده شناوری می‌باشند آسیب دیده و غرقاب شده است، حداقل فوق را می‌توان به ۵ متر کاهش داد. حداقل ذخیره شناوری سازه در حالت عادی نیز باید (۱۵٪) و در حالتی که یک عضو آسیب دیده است، (۳٪) باشد.

omoorepeyman.ir

۲-۴-۵-۲ قائم کردن

جاکتها پس از شناور شدن، باید به وسیله ترکیبی از غرقاب کردن اعضا و بالا آوردن قلاب جرثقیل که از طریق کابل به گوشواره‌های تعبیه شده روی سازه متصل می‌باشد، به حالت قائم در آیند.

در تحلیل شرایط فوق، پایداری هیدرواستاتیکی در طول عملیات باید کنترل شده و نشان داده شود که حداقل فاصله آزاد ۵ متر تا بستر دریا در طول عملیات تأمین می‌شود. در این تحلیل باید نیروهای قلاب و نیروهای ایجاد شده در کابل در مراحل مختلف تعیین گردند و در مقایسه با ظرفیت جرثقیل و مقاومت اجزای کابل، از ایمنی عملیات اطمینان حاصل شود. همچنین سازه جاکت، اجزای متصل به گوشواره‌ها و گوشواره‌ها، برای شرایط بارگذاری بحرانی به وجود آمده در طول عملیات کنترل گردند.

۲-۴-۵-۳ فشار غوطه‌وری

اجزایی از سازه که در عملیات آب اندازی و یا قائم کردن به صورت غوطه‌ور در می‌آیند ولی بخش داخلی آنها به صورت غرقاب نمی‌باشد، باید به گونه‌ای طراحی شوند که بتوانند فشارهای هیدرواستاتیکی و تنشهای حلقوی ایجاد شده را تحمل نمایند. باید توجه شود که میزان فشارهای مذکور در حین عملیات نصب، ممکن است به طور کامل با مقادیر مربوط به حالت در جای سکو متفاوت باشد.

۲-۴-۶ نیروهای نصب اعمالی به شالوده‌ها

مقادیر محاسبه شده نیروهای اعمالی به شالوده‌های موقت در هنگام عملیات نصب، باید به اندازه کافی بزرگ باشند تا سازه در موقعیت خود، در حالت پایدار باقی ماند و امکان نصب شمعها را فراهم سازد. به عنوان یک ضابطه اولیه، باید شرایط محیطی با دوره بازگشت ۱ سال شامل باد، امواج و جریانهای دریایی، برای کنترل پایداری سازه فاقد فونداسیون شمعی و محاسبه نیروهای اعمالی به صفحات بستر سازه، در نظر گرفته شوند. اگر سازه توانایی پایداری در مقابل چنین شرایطی را نداشته باشد، شرایط محیطی کاهش یافته‌ای می‌تواند برای مقصود فوق مورد استفاده قرار گیرد ولی در این حالت، پنجره‌های زمانی کوتاه‌تری برای انجام عملیات نصب موجود خواهد بود و شرایط فوق باید با صراحت کامل در رویه‌های عملیاتی نصب، قید شوند.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۳

ضوابط طراحی سازه‌های فولادی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۳-۱ کلیات

۳-۱-۱ تنشهای مجاز پایه

سکوهای فولادی باید به گونه‌ای طراحی شوند که در کلیه اعضا، تنشها از حد تنشهای مجاز پایه بر طبق آخرین روایت آیین‌نامه طراحی سازه‌های فولادی **AISC (ASD Edition)** تجاوز ننمایند. البته این امر بجز مواردی است که در این آیین‌نامه توصیه مشخصی در مورد آنها ارایه شده است. در خصوص اجزایی از سازه که در مورد آنها در آیین‌نامه حاضر یا **AISC** توصیه خاصی به عمل نیامده باشد، باید روشی منطقی برای تعیین تنشهای مجاز، با در نظر گرفتن ضرایب اطمینانی معادل ضرایبی که در این آیین‌نامه یا **AISC** توصیه شده است، به کار گرفته شود.

۳-۱-۲ افزایش در تنشهای مجاز

هنگامی که تمامی یا بخشی از تنشهای ایجاد شده در سازه، در اثر بارهای جانبی یا قائم ناشی از شرایط محیطی حدی طراحی باشد، تنشهای مجاز پایه را می‌توان به اندازه (۳۳٪) افزایش داد. برای بارگذاری ناشی از زلزله، طراحی باید طبق مفاد بندهای ۲-۳-۳ انجام شود.

۳-۲ تنشهای مجاز در اعضای لوله‌ای

۳-۲-۱ کشش محوری

تنش مجاز کششی، F_t برای اعضای لوله‌ای که در معرض نیروهای محوری کششی قرار می‌گیرند، عبارت است از:

$$F_t = 0.6F_y \qquad (۱۰)$$

که در آن، F_y مقاومت تسلیم فولاد می‌باشد.

omoorepeyman.ir

۳-۲-۲ فشار محوری

۳-۲-۲-۱ کمانش ستونی

برای اعضای لوله‌ای که نسبت $\frac{D}{t}$ در آنها کمتر یا مساوی ۶۰ باشد، تنش مجاز فشاری F_a، از رابطه زیر به دست می‌آید:

(۱۱) برای $Kl/r < C_c$

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{(Kl/r)^2}{2C_c^2}\right]F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(Kl/r)}{8C_c} - \frac{(Kl/r)^3}{8C_c^3}}$$

برای $Kl/r \geq C_c$

$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(Kl/r)^2}$$

در روابط فوق:

$$C_c = \left[\frac{2\pi^2 E}{F_y}\right]^{\frac{1}{2}}$$

E: مدول الاستیسیته

K: ضریب طول مؤثر

L: طول مهار نشده

r: شعاع ژیراسیون

D: قطر خارجی لوله

t: ضخامت دیواره لوله

در اعضایی که نسبت $\frac{D}{t}$ بیش از ۶۰ باشد، در روابط فوق باید به جای F_y، مقادیر تنشهای بحرانی F_{xe} یا F_{xc} (محاسبه شده بر طبق بند ۳-۲-۲-۲) قرار داده شوند.

omoorepeyman.ir

در طراحی اعضای اصلی مهاربندهای سکوهای دریایی نباید از رابطه (۳-۵-۱) آیین‌نامه **AISC** استفاده شود. از رابطه مذکور فقط می‌توان در طراحی اعضای ثانویه، مانند پهلوگیرها یا پله‌ها استفاده نمود.

۳-۲-۲-۲ کمانش موضعی

در اعضای لوله‌ای تقویت نشده، کمانش موضعی برای اعضایی که در آنها نسبت $\frac{D}{t}$ بزرگتر از ۶۰ باشد، بررسی می‌شود. در حالتی که $\frac{D}{t}$ بزرگتر از ۶۰ و کوچکتر از ۳۰۰ باشد و ضخامت دیواره بیشتر از ۶ میلیمتر باشد، تنشهای کمانش موضعی الاستیک، F_{xe} و غیر الاستیک، F_{xc}، باید محاسبه شوند.

۳-۲-۲-۲-۱ تنش کمانش موضعی الاستیک

تنش کمانش موضعی الاستیک F_{xe}، از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$F_{xe} = 2C\,E\,t/D \qquad (۱۲)$$

در این رابطه **C**، ضریب بحرانی کمانش الاستیک می‌باشد.

مقدار ضریب **C** از نظر تئوری، برابر ۰/۶ است ولی برای در نظر گرفتن اثرات نقصهای هندسی اولیه در اعضای لوله‌ای، ضریب **C** باید معادل ۰/۳ در نظر گرفته شود.

۳-۲-۲-۲-۲ تنش کمانش موضعی غیر الاستیک

تنش کمانش موضعی غیر الاستیک F_{xc}، به کمک رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

(۱۳) برای $\frac{D}{t} > 60$

$$F_{xc} = F_y\left[1.64 - 0.23\left(\frac{D}{t}\right)^{\frac{1}{4}}\right] \le F_{xe}$$

برای $\frac{D}{t} \le 60$

$$F_{XC} = F_y$$

۳-۲-۳ خمش

تنش مجاز خمشی F_b، از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

omoorepeyman.ir

(۱۴) برای $\frac{D}{t} \le \frac{10340}{F_y}$ $F_b = 0.75\, F_y$

برای $\frac{10340}{F_y} < \frac{D}{t} \le \frac{20680}{F_y}$ $F_b = \left[0.84 - 1.74\frac{F_y D}{Et}\right] F_y$

برای $\frac{20680}{F_y} < \frac{D}{t} \le 300$ $F_b = \left[0.72 - 0.58\frac{F_y D}{Et}\right] F_y$

در روابط فوق، F_y بر حسب مگاپاسکال می‌باشد.

۳-۲-۴ برش

۳-۲-۴-۱ تنش برشی در تیرها

مقدار حداکثر تنش برشی f_v در اعضای لوله‌ای، از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$f_v = \frac{V}{0.5A} \qquad (۱۵)$$

در این رابطه:

V: مقدار نیروی برشی

A: مساحت مقطع

مقدار مجاز تنش برشی F_v، برابر مقدار زیر در نظر گرفته می‌شود.

$$F_v = 0.4\, F_y \qquad (۱۶)$$

۳-۲-۴-۲ تنش برشی ناشی از پیچش

مقدار حداکثر تنش برشی ناشی از پیچش f_{vt} در اعضای لوله‌ای، از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$f_{vt} = \frac{M_t (D/2)}{I_p} \qquad (۱۷)$$

در این رابطه:

M_t: لنگر پیچشی

I_p: ممان اینرسی قطبی مقطع

omoorepeyman.ir

مقدار مجاز تنش برشی ناشی از پیچش F_{vt}، برابر مقدار زیر در نظر گرفته می‌شود.

$$F_{vt} = 0.4\ F_y \qquad (۱۸)$$

۳-۲-۵ فشار هیدرواستاتیکی

برای اعضای لوله‌ای، مقدار تنش حلقوی موجود در اعضا f_h، نباید از مقدار تنش کمانش حلقوی F_{hc}، پس از آن که بر ضریب اطمینان SF_h تقسیم شود، بیشتر باشد.

$$f_h \le F_{hc} / SF_h \qquad (۱۹)$$

$$f_h = pD/2t \qquad (۲۰)$$

در رابطه فوق، p فشار هیدرواستاتیک است. SF_h در بند ۳-۳-۵ توضیح داده خواهد شد.

۳-۲-۵-۱ ارتفاع طراحی

فشار هیدرواستاتیکی، از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$p = \gamma H_z \qquad (۲۱)$$

که در آن:

γ: وزن مخصوص آب دریا است که برابر با $۰/۰۱۰۰۵\ MN/m^3$ در نظر گرفته می‌شود.

H_z: ارتفاع طراحی که از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$H_Z = z + \frac{H_W}{2}\left[\frac{\cosh[k(d-z)]}{\cosh kd}\right] \qquad (۲۲)$$

در رابطه فوق:

Z: عمق موقعیت مورد نظر از تراز آزاد آب با در نظر گرفتن مد است. در هنگام کنترل سازه برای شرایط مربوط به نصب، **Z** حداکثر عمقی است که هر یک از اعضا در شرایط مربوط به آب اندازی و یا قائم نمودن، با آن مواجه می‌شوند.

H_W: ارتفاع موج

k: برابر $\frac{2\pi}{L}$ است که **L** طول موج می‌باشد.

d: عمق بستر دریا

omoorepeyman.ir

۳-۲-۵-۲ تنش کمانش حلقوی

مقدار تنش کمانش حلقوی الاستیک F_{he}، از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$F_{he} = 2C_h E\, t/D \qquad (۲۳)$$

در رابطه فوق، C_h ضریب بحرانی کمانش حلقوی است که با در نظر گرفتن نقصهای اولیه هندسی اعضای لوله‌ای، به کمک روابط زیر به دست می‌آید:

(۲۴) برای $1.6\ D/t \le M$ $\qquad C_h = 0.44\ t/D$

برای $0.825\ D/t \le M < 1.6\ D/t$ $\qquad \mathbf{C_h = 0.44t/D + \frac{0.21(D/t)^3}{M^4}}$

برای $3.5 \le M < 0.825\ D/t$ $\qquad C_h = 0.736/(M-0.636)$

برای $1.5 \le M < 3.5$ $\qquad C_h = 0.755/(M-0.559)$

برای $M < 1.5$ $\qquad C_h = 0.8$

در روابط فوق، **M** پارامتر هندسی عضو است که از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$\mathbf{M = \frac{L}{D}(2D/t)^{\frac{1}{2}}} \qquad (۲۵)$$

دراین رابطه، **L** طول عضو لوله‌ای بین تقویتهای حلقوی، دیافراگمها و یا اتصالات انتهایی است.

یادآوری می‌شود برای $\mathbf{1.6\ D/t \le M}$، تنش کمانش الاستیک برابر با تنش کمانش یک عضو طولانی بدون تقویت است، لذا در حالت استفاده از این تقویتها، فاصله آنها باید به گونه‌ای باشد که $\mathbf{M < 1.6\ D/t}$ شود.

نسبت تنش کمانش الاستیک حلقوی به مقاومت تسلیم فولاد، تعیین کننده آن است که کمانش حلقوی الاستیک در عضو اتفاق می‌افتد یا کمانش حلقوی غیر الاستیک. مقدار بحرانی کمانش حلقوی، از روابط زیر به دست می‌آید:

(۲۶) برای $F_{he} \le 0.55\ F_y$ $\qquad F_{hc} = F_{he}$

برای $0.55F_y < F_{he} \le 1.6\ F_y$ $\qquad F_{hc} = 0.45\ F_y + 0.18\ F_{he}$

برای $1.6F_y < F_{he} < 6.2\ F_y$ $\qquad \mathbf{F_{hc} = \frac{1.31F_y}{1.15 + (F_y/F_{he})}}$

omoorepeyman.ir

برای $F_{he} > 6.2\ F_y$ $F_{hc} = F_y$

۳-۲-۵-۳ طراحی تقویتها

ابعاد تقویتهای حلقوی، باید به گونه‌ای انتخاب شوند که رابطه زیر برقرار باشد:

$$I_c = \frac{tLD^2}{8E} F_{he} \qquad (۲۷)$$

که در آن:

I_c: ممان اینرسی مقطع مرکب تقویت حلقوی

L: فاصله بین تقویتها

D: قطر عضو لوله‌ای

در رابطه فوق فرض می‌شود که تقویتها، دارای همان مقاومت تسلیم عضو لوله‌ای هستند. در محاسبه **I**، یک عرض مؤثر از عضو لوله‌ای برابر $1.1(Dt)^{\frac{1}{2}}$، می‌تواند به عنوان بال برای مقطع مرکب تقویت در نظر گرفته شود. در حالتی که از تقویتهای خارجی استفاده شود، **D** باید بر اساس مرکز سطح مقطع مرکب محاسبه شود. در حالت استفاده از تسمه به عنوان تقویتهای حلقوی، زمانی که این تقویتها در داخل لوله قرار گیرند، حداقل ابعاد باید برابر ۷۵×۱۰ میلیمتر و زمانی که در خارج قرار می‌گیرند، برابر ۱۰۰×۱۳ میلیمتر باشد.

۳-۳ تنشهای ترکیبی در اعضای لوله‌ای

۳-۳-۱ ترکیب تنشهای محوری فشاری و خمشی

۳-۳-۱-۱ اعضای لوله‌ای سازه

در اعضای لوله‌ای تحت اثر ترکیب تنشهای محوری فشاری و خمشی، دو رابطه زیر باید در طول عضو برقرار باشند:

omoorepeyman.ir

$$\frac{f_a}{F_a}+\frac{C_m\sqrt{f_{bx}^2+f_{by}^2}}{\left[1-\frac{f_a}{F'_e}\right]F_b}\le 1.0 \qquad (۲۸)$$

$$\frac{f_a}{0.6F_y}+\frac{\sqrt{f_{bx}^2+f_{by}^2}}{F_b}\le 1.0 \qquad (۲۹)$$

در روابط فوق، کلیه پارامترها بر اساس روابط آیین‌نامه **AISC** تعیین می‌شوند. چنان‌چه $\frac{f_a}{F_a}\le 0.15$ باشد، رابطه زیر به جای دو رابطه فوق باید برقرار شود.

$$\frac{f_a}{F_a}+\frac{\sqrt{f_{bx}^2+f_{by}^2}}{F_b}\le 1.0 \qquad (۳۰)$$

در رابطه ۲۸، فرض بر آن است که مقادیر C_m و F'_e برای هر دو f_{bx} و f_{by} قابل کاربرد هستند. در صورتی که این فرض صحیح نباشد، به جای آن باید رابطه زیر مورد استفاده قرار گیرد.

$$\frac{f_a}{F_a}+\frac{\sqrt{\left[\frac{C_{mx}f_{bx}}{1-\frac{f_a}{F'_{ex}}}\right]^2+\left[\frac{C_{my}f_{by}}{1-\frac{f_a}{F'_{ey}}}\right]^2}}{F_b}\le 1.0 \qquad (۳۱)$$

۳-۳-۱-۲ شمعهای لوله‌ای

امکان کمانش شمعها در بخشهای نزدیک به بستر دریا باید بررسی شود، ولی کمانش کلی در شمعها، مشکلی ایجاد نمی‌نماید، زیرا حتی خاکهای نرم نیز به جلوگیری از این کمانش کمک می‌کنند. در محاسبه تنش در این شمعها، باید اثرات **P-Δ** در نظر گرفته شوند. یک روش مؤثر برای این کار آن است که شمع به صورت یک تیر ستون قرار گرفته بر یک بستر غیر ارتجاعی در نظر گرفته شود. در این حالت رابطه زیر باید اقناع شود:

$$\frac{f_a}{0.6F_{xc}}+\frac{\sqrt{f_{bx}^2+f_{by}^2}}{F_b}\le 1.0 \qquad (۳۲)$$

omoorepeyman.ir

F_{xc} از رابطه ۱۳ تعیین می‌گردد.

۳-۳-۱-۳ لاغری اعضا

ضرایب طول مؤثر **K** و کاهش تنشهای خمشی C_m، باید مطابق جدول ۳-۱ در نظر گرفته شوند.

جدول ۳-۱ ضرایب طول مؤثر و ضرایب کاهش تنشهای خمشی

موقعیت		ضریب K	ضریب C_m
ستونهای عرشه	مهاربندی شده	1.0	A
	مهاربندی نشده	K	
پایه‌های جاکت و شمعها	مقطع مرکب در حالت استفاده از دوغاب	1.0	C
	پایه جاکت در حالت عدم استفاده از دوغاب	1.0	C
	هر بخش از شمع در پایه جاکت در حالت عدم استفاده از دوغاب حد فاصل نقاط ورقهای میان‌گیر	1.0	B
اعضای جان خرپای عرشه	عمل داخل صفحه	0.8	B
	عمل خارج از صفحه	1.0	A یا B
مهاربندهای جاکت	اعضای مورب اصلی	0.8	C یا B
	اعضای مهاربندهای K	0.8	C
	قطعه طولانی‌تر مهاربندهای ضربدری (X)	0.9	C
	اعضای افقی فرعی	0.7	C
	اعضای افقی فوقانی و تحتانی خرپای عرشه	1.0	A یا B یا C

۱- برای محاسبه ضریب طول مؤثر اعضا، باید از چارتهای طول مؤثر، مندرج در آیین‌نامه **AISC** استفاده شود.

۲- در صورتی که اتصالی که دو عضو مهاربند **K** به آن متصل هستند، در جهت خارج از صفحه مهاربندها مهار نشده باشد، حداقل یکی از دو عضو مهاربند باید در کشش باشد.

۳-۳-۱-۴ ضرایب کاهش

در محاسبه ضرایب کاهش C_m، بر طبق جدول ۳-۱ روابط زیر باید مورد استفاده قرار گیرند:

omoorepeyman.ir

A) $C_m = 0.85$

B) $C_m = 0.6 - 0.4\left[\frac{M_1}{M_2}\right]$ $\quad 0.4 \le C_m \le 0.85$

C) $C_m = 1.0 - 0.4\left[\frac{f_a}{F'_a}\right]$ یا $C_m=0.85$ (کوچکترین مقدار)

۳-۳-۲ ترکیب تنشهای محوری کششی و خمشی

در اعضایی که تحت اثر ترکیب تنشهای کششی و خمشی می‌باشند، باید رابطه ۲۹ در طول عضو برقرار باشد.

۳-۳-۳ ترکیب تنشهای کششی و فشار هیدرواستاتیکی

در حالتی که تنشهای کشش طولی و تنشهای فشاری حلقوی به طور توأم در عضو ایجاد شوند، رابطه اندرکنش زیر باید برقرار باشد.

$$A^2 + B^2 + 2\gamma |A|B \le 1.0 \qquad (۳۳)$$

که در آن:

$$A = \frac{f_a + f_b \quad (0.5f_h)}{F_y}.(SF_x)$$

$$B = \frac{f_h}{F_{hc}}(SF_h)$$

در رابطه فوق، γ ضریب پواسون است که برابر ۰/۳ در نظر گرفته می‌شود و SF_x و SF_h، به ترتیب ضرایب اطمینان برای کشش محوری و فشار حلقوی هستند که در بند ۳-۳-۵ توضیح داده می‌شوند. f_a، f_b، f_h به ترتیب قدر مطلق تنشهای محوری، خمشی و فشاری حلقوی هستند.

۳-۳-۴ ترکیب تنشهای فشاری و فشار هیدرواستاتیکی

در حالت ترکیب تنشهای فشاری طولی و تنشهای فشاری حلقوی در اعضا، روابط زیر باید برقرار باشند:

omoorepeyman.ir

$$\frac{f_a + (0.5f_h)}{F_{xc}}(SF_x) + \frac{f_b}{F_y}(SF_b) \le 1.0 \quad (۳۴)$$

$$\frac{f_h}{F_{hc}}(SF_h) \le 1.0 \quad (۳۵)$$

در صورتی که $f_x > 0.5\ F_{ha}$ باشد، رابطه زیر باید برقرار باشد:

$$\frac{f_x - 0.5F_{ha}}{F_{aa} - 0.5F_{ha}} + \left[\frac{f_h}{F_{ha}}\right]^2 \le 1.0 \quad (۳۶)$$

در رابطه اخیر:

$$F_{aa} = \frac{F_{xe}}{SF_x}$$

$$F_{ha} = \frac{F_{he}}{SF_h}$$

$f_x = f_a + f_b + 0.5\ f_h$

در ضمن SF_x و SF_b به ترتیب ضرایب اطمینان فشار محوری و خمشی هستند که در بند ۳-۳-۵، توضیح داده می‌شوند.

اگر $f_b > f_a + 0.5f_h$ باشد، هر دو رابطه ۲۸ و ۳۴، باید برقرار باشند.

۳-۳-۵ ضرایب اطمینان

برای محاسبه تنشهای مجاز در بندهای ۳-۳-۳ و ۳-۳-۴، ضرایب اطمینان زیر باید در محاسبات مربوط به تنشهای کمانش موضعی، مورد استفاده قرار گیرند:

omoorepeyman.ir

جدول ۳-۲

شرایط طراحی	نوع بارگذاری			
	کشش محوری	خمشی	*فشار محوری	فشار حلقوی
استفاده از تنشهای مجاز پایه	۱/۶۷	$\frac{F_y}{F_b}$	۱/۶۷-۲	۲
استفاده از افزایش (۳۳٪) در تنشهای مجاز پایه	۱/۲۵	$\frac{F_y}{F_b}$	۱/۲۵-۱/۵	۱/۵

*مقادیر به کار رفته، نباید از ضریب اطمینان **AISC** برای کمانش، کمتر باشد.

۳-۴ تبدیلهای مخروطی

۳-۴-۱ خمش و فشار محوری

ضوابط این بند، در مورد تبدیلهای مخروطی واسط دو عضو لوله‌ای و یا انتهای اعضای فرعی، کاربرد دارند.

۳-۴-۱-۱ مشخصات مقطع مخروط

تنشهای اسمی محوری و خمشی در هر مقطع یک تبدیل مخروطی، به طور تقریبی با رابطه $(f_a+f_b)/\cos\alpha$ بیان می‌شود. در این رابطه، α زاویه‌ای است که در شکل ۳-۱ نشان داده شده و f_a و f_b تنشهای اسمی محوری و خمشی هستند که با در نظر گرفتن مشخصات مقطع یک عضو استوانه‌ای که دارای قطر و ضخامتی برابر با قطر و ضخامت مخروط در آن مقطع باشد، به دست می‌آیند.

۳-۴-۱-۲ کمانش موضعی

در تبدیلهای مخروطی که زاویه رأس آنها 2α، کمتر از ۶۰ درجه باشد، برای محاسبات مربوط به کمانش موضعی، می‌توان این تبدیلها را با اعضای استوانه‌ای که دارای قطری برابر $D/\cos\alpha$ باشند، مشابه در نظر گرفت که D، قطر مقطع مورد بررسی است. قطر حاصل را می‌توان در رابطه ۱۳، برای

omoorepeyman.ir

محاسبه F_{xc} به کار برد. در مخروطهای دارای ضخامت ثابت، به کار بردن قطر انتهای کوچکتر مخروط در رابطه، قابل قبول است.

۳-۴-۱-۳ حالت تقویت نشده تقاطع مخروط و استوانه

تنشهای طولی و حلقوی در محل تقاطع، از روابط زیر محاسبه می‌شوند:

۳-۴-۱-۳-۱ تنشهای طولی

تنشهای خمشی موضعی در محل تقاطع، از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$f'_b = \frac{0.6t\sqrt{D(t+t_c)}}{t_e^2}(f_a + f_b)\tan\alpha \qquad (۳۷)$$

که در آن:

D: قطر استوانه در محل تقاطع با مخروط

t: ضخامت عضو استوانه‌ای

t_c: ضخامت مخروط

t_e: برابر **t** برای محاسبه تنش در استوانه و برابر **t_c** برای محاسبه تنش در مخروط است.

f_a: تنش محوری در مقطع استوانه در محل تقاطع

f_b: برایند تنش خمشی در مقطع استوانه در محل تقاطع

در این مقطع، حداکثر تنش کل یعنی $f_a + f_b + f'_b$، باید کمتر از حداقل مقاومت کششی ماده استوانه و مخروط بوده و در ضمن، حداکثر $f_a + f_b$، از مقادیر تنش مجاز کمتر باشد. برای کنترل خستگی در محل تقاطع، باید ضوابط بند ۳-۷ با در نظر گرفتن ضریب تمرکز تنشی برابر با $1\text{-}f'_b/(f_a+f_b)$ برقرار شود. در حالتی که ضخامتهای دیواره مخروط و استوانه برابر باشند، این ضریب تمرکز تنش برابر است با:

$$1 + 0.6\sqrt{2D/t}\,\tan\alpha$$

۳-۴-۱-۳-۲ تنشهای حلقوی

تنشهای حلقوی در محل تقاطع، از رابطه زیر تخمین زده می‌شود:

omoorepeyman.ir

$$f'_h = 0.45\sqrt{\frac{D}{t}}(f_a + f_b)\tan\alpha \quad (۳۸)$$

در حالتی که تنش حلقوی کششی باشد، مقدار f'_h نباید از $0.6F_y$ تجاوز کند. در حالت تنش حلقوی فشاری، این تنش نباید از $0.5\ F_{hc}$ تجاوز کند. F_{hc} باید از رابطه ۲۶ محاسبه شود در حالی که F_{he}، باید برابر با $0.4\ Et/D$ در نظر گرفته شود.

۳-۴-۱-۴ تقویتهای حلقوی در محل تقاطع مخروط و استوانه

در صورت نیاز به تقویت در محل تقاطع، تقویتهای حلقوی باید مطابق روابط زیر باشند:

$$A_c = \frac{tD}{Fy}(f_a + f_b)\tan\propto \quad (۳۹)$$

$$I_c = \frac{tDD_c^2}{8E}(f_a + f_b)\tan\alpha \quad (۴۰)$$

در روابط فوق:

D: قطر استوانه در محل تقاطع

D_c: قطر با در نظر گرفتن مرکز سطح مقطع مرکب (در حالت تقویت داخلی، D_c باید برابر **D** در نظر گرفته شود.)

A_c: مساحت مقطع مرکب تقویت

I_c: ممان اینرسی مقطع مرکب تقویت

در محاسبه A_c و I_c، عرض مؤثر دیواره که به عنوان بال مقطع مرکب در نظر گرفته می‌شود، عبارت است از:

$$b_e = 0.55\left(\sqrt{Dt} + \sqrt{Dt_c}\right) \quad (۴۱)$$

زمانی که تنش مجاز (۳۳٪) افزایش یافته باشد، مقادیر A_c و I_c را می‌توان به میزان (۲۵٪) کاهش داد. اگر از تمسه به عنوان تقویتهای حلقوی استفاده شود، حداقل ابعاد تسمه‌ها باید مطابق بند ۳-۲-۵-۳ در نظر گرفته شود.

omoorepeyman.ir

۳-۴-۲ فشار هیدرواستاتیکی

۳-۴-۲-۱ طراحی مخروط

برای کنترل کمانش موضعی در مقابل فشار هیدرواستاتیکی در تبدیلهای مخروطی تقویت نشده که دارای زاویه رأس 2α کمتر از ۶۰ درجه باشند، می‌توان تبدیلها را به عنوان استوانه‌های معادل در نظر گرفت که دارای طولی برابر طول اریب مخروط در حد فاصل تقویتها و قطری برابر با $D/\cos\alpha$ باشند. در این رابطه، D قطر مخروط در انتهای بزرگتر مخروط در حد فاصل مورد نظر است.

۳-۴-۲-۲ تقویتهای میانی

در صورت نیاز به تقویت حلقوی در طول تبدیل مخروطی، این تقویتها باید بر اساس رابطه ۲۷ طراحی شوند. در این رابطه، قطر معادل برابر با $D/\cos\alpha$ و L برابر با فاصله متوسط بین تقویت مورد نظر و تقویتهای مجاور می‌باشد. F_{he} نیز متوسط تنش کمانش حلقوی الاستیک برای دو چشمه در دو طرف تقویت مورد نظر است.

۳-۴-۲-۳ تقویتهای حلقوی در محل تقاطع مخروط و استوانه

در صورتی که رابطه ۱۹ با محاسبه F_{he} از رابطه ۲۳ و با در نظر گرفتن $C_h = 0.44(t/D)\cos\alpha$ برقرار شود، نیازی به استفاده از تقویت حلقوی در محل تقاطع مخروط استوانه نیست.

در صورت نیاز به تقویتهای حلقوی، ابعاد باید به گونه‌ای باشند که ممان اینرسی مقطع مرکب تقویت I_c، در رابطه زیر صدق نماید:

$$I_c = \frac{D^2}{16E}\left[tL_1F_{he} + \frac{t_cL_cF_{hec}}{\cos^2\alpha}\right] \qquad (۴۲)$$

در این رابطه:

L_c: فاصله تا اولین تقویت حلقوی در مقطع مخروطی در راستای محور مخروط

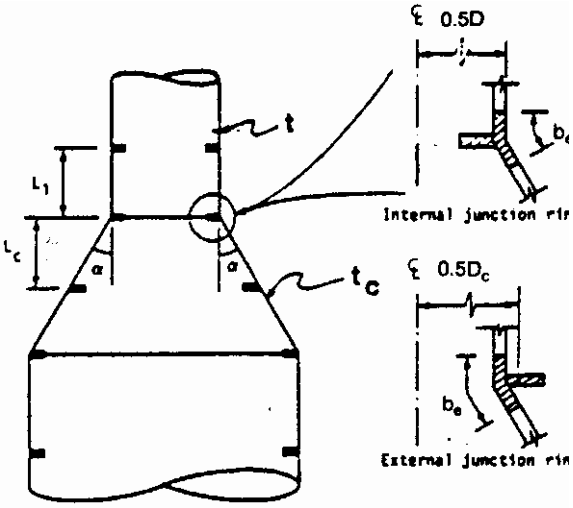
L_1: فاصله تا اولین تقویت حلقوی در مقطع استوانه‌ای

F_{he}: تنش کمانش حلقوی الاستیک در استوانه

omoorepeyman.ir

F_{hec}: تنش کمانش حلقوی الاستیک در مخروط است که با استفاده از قطر معادل یک استوانه به دست می‌آید.

در رابطه فوق چنان‌چه از تقویت خارجی استفاده شده باشد، **D** به جای قطر استوانه، باید قطری که با در نظر گرفتن مرکز سطح مقطع مرکب به دست می‌آید باشد.



شکل ۳-۱ تبدیل مخروطی

۳-۵ اتصالات اعضای کششی و فشاری

اتصالات در انتهای اعضای کششی و فشاری، باید قادر به انتقال نیروهای طراحی باشند و در هر حال، این اتصالات باید توانایی انتقال حداقل (۵۰٪) مقاومت مؤثر عضو را داشته باشند. برای اتصالات لوله‌ای ساده، در صورتی که رابطه زیر برقرار باشد، شرط مذکور برقرار شده فرض می‌شود:

$$\frac{F_{yb}\left(\gamma \tau \sin\theta i\right)}{F_{yc}\left(11+1.5/\beta\right)} \le 1 \qquad (۴۳)$$

در این رابطه:

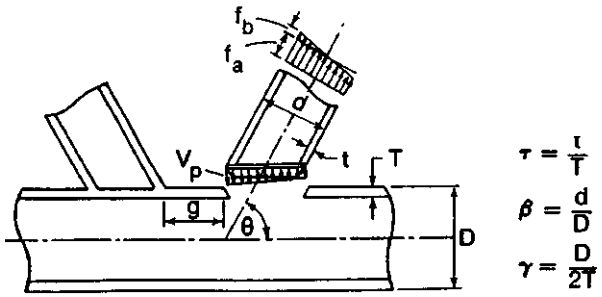
F_{yc}: مقاومت تسلیم عضو اصلی (تنه) یا $\frac{\text{مقاومت کششی عضو}}{}$، هر کدام کمتر باشند.

F_{yb}: مقاومت تسلیم عضو فرعی (شاخه)

omoorepeyman.ir

β، γ، τ، θ: پارامترهای هندسی اتصال بر طبق شکل ۳-۲

در این رابطه، F_{yb} و τ باید بر اساس مشخصات اسمی عضو فرعی باشند و مشخصات قسمت تقویت شده در انتهای عضو، نباید مورد استفاده قرار گیرد.



شکل ۳-۲ اتصال لوله‌ای ساده

θ: زاویه عضو فرعی نسبت به عضو اصلی

t: ضخامت عضو فرعی

T: ضخامت عضو اصلی

d: قطر عضو فرعی

D: قطر عضو اصلی

۳-۶ اتصالات لوله‌ای

۳-۶-۱ اتصالات لوله‌ای ساده

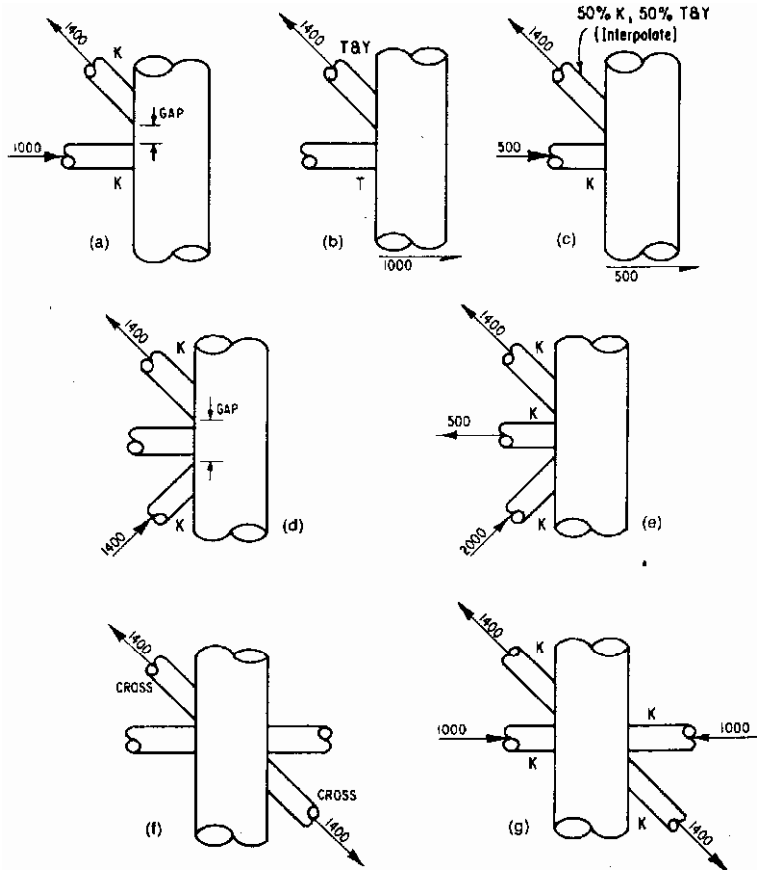
اتصالات لوله‌ای ساده، اتصالاتی هستند که اعضای فرعی آنها دارای همپوشانی نبوده و از ورقهای تقویت و یا لچکی در آنها استفاده نشده است. این اتصالات باید مطابق ضوابط زیر طراحی شوند. پارامترهای این نوع اتصال در شکل ۳-۲ معرفی شده‌اند.

omoorepeyman.ir

۳-۶-۱-۱ دسته‌بندی اتصالات

دسته‌بندی اتصالات به **T**، **Y**، **K** و **X**، باید بر اساس هندسه و نوع بارگذاری برای هر حالت بارگذاری صورت گیرد. برای آن که اتصالی به عنوان **K** تلقی شود، نیروی محوری موجود در یک عضو فرعی، باید با نیروهای موجود در عضوهای فرعی دیگر در همان صفحه و همان طرف عضو اصلی، در حالت تعادل باشد. در حالت اتصال **T** یا **Y**، تعادل نیروی محوری در عضو فرعی با نیروهای برشی در عضو اصلی برقرار می‌شود. در اتصالات **X**، نیروی محوری در عضو فرعی در یک سوی عضو اصلی، از طریق عضو اصلی به عضو فرعی موجود در سمت دیگر عضو اصلی منتقل می‌شود. در طراحی اعضای فرعی که بخشی از نیروهای خود را به صورت اتصال **K** و بخش دیگر را به صورت اتصال **T**، **Y** و یا **X** منتقل می‌کنند، باید از درون‌یابی روابط استفاده شود. نمونه‌هایی از چنین حالتها، در شکل ۳-۳ ارایه شده‌اند.

omoorepeyman.ir



شکل ۳-۳ دسته‌بندی اتصالات لوله‌ای

۳-۶-۱-۲ ظرفیت اتصالات

ظرفیت اتصال باید بر اساس نیروهای اسمی موجود در عضو فرعی به شرح زیر معین شود. مقادیر مجاز ظرفیت اتصال بر حسب نیروهای اسمی در عضو فرعی، عبارتند از:

$$P_a = Q_u Q_f \frac{F_{yc} T^2}{1.7 \sin\theta} \qquad (۴۴)$$

$$M_a = Q_u Q_f \frac{F_{yc} T^2}{1.7 \sin\theta} (0.8d) \qquad (۴۵)$$

omoorepeyman.ir

$\mathbf{P_a}$ و $\mathbf{M_a}$ به ترتیب ظرفیت اتصال بر حسب نیروی محوری و ممان خمشی موجود در عضو فرعی هستند. در مقادیر فوق، هرگاه طراحی برای شرایط حدی در حال انجام باشد، افزایش (۳۳٪) مجاز است. $\mathbf{Q_f}$ ضریبی است که اثرات حضور تنشهای اسمی طولی در عضو اصلی را در نظر می‌گیرد و عبارت است از:

$$Q_f = 1.0 - \lambda \gamma A^2$$

در این رابطه، λ برای تنشهای محوری در عضو فرعی برابر۰/۰۳، برای تنشهای خمشی داخل صفحه در عضو فرعی برابر ۰/۰۴۵ و برای تنشهای خمشی خارج از صفحه در عضو فرعی، برابر ۰/۰۲۱ می‌باشد. در ضمن ضریب $\mathbf{A}$ برابر است با:

$$\mathbf{A} = \frac{\sqrt{\bar{f}_{Ax}^2 + \bar{f}_{IPB}^2 + \bar{f}_{OPB}^2}}{0.6F_{yc}}$$

در رابطه اخیر، $\bar{f}_{Ax}$، $\bar{f}_{IPB}$ و $\bar{f}_{OPB}$ به ترتیب تنشهای اسمی محوری، خمشی داخل صفحه و خمشی خارج از صفحه در عضو اصلی هستند. در حالتی که تمام تنشهای تارهای بیرونی در عضو اصلی کششی هستند، $\mathbf{Q_f}$ برابر ۱ در نظر گرفته می‌شود. در رابطه $\mathbf{A}$، چنان‌چه طراحی برای حالتهای حدی در دست انجام باشد، مخرج کسر را می‌توان (۳۳٪) افزایش داد.

ضریب $\mathbf{Q_u}$ در روابط ۴۴ و ۴۵، در جدول ۳-۳ بر حسب نوع اتصال و نوع بارگذاری، ارایه شده است.

جدول ۳-۳ مقادیر Q_u

نوع اتصال	نوع بار در عضو فرعی			
	خمش خارج از صفحه	خمش داخل صفحه	بار محوری فشاری	بار محوری کششی
K	$(3.4 + 7\beta)Q\beta$	$(3.4+19\beta)$	$(3.4+19\beta)Q_g$	
T & Y			$(3.4+19\beta)$	
بدون دیافراگم Cross با دیافراگم			$(3.4+19\beta)$ $(3.4+13\beta)Q\beta$ $(3.4+19\beta)$	

omoorepeyman.ir

در حالتی که در عضو فرعی، ترکیب بارهای مختلف موجود باشد، ظرفیت اتصال بر اساس روابط اندرکنش زیر تعیین می‌شوند:

$$\left(\frac{M}{M_a}\right)_{IPB}^2 + \left(\frac{M}{M_a}\right)_{OPB}^2 \le 1.0 \qquad (۴۶)$$

$$\left|\frac{P}{P_a}\right| + \frac{2}{\pi}\arcsin\sqrt{\left(\frac{M}{M_a}\right)_{IPB}^2 + \left(\frac{M}{M_a}\right)_{OPB}^2} \le 1 \qquad (۴۷)$$

در رابطه فوق، جمله **arc sin** بر حسب رادیان است.

برای $\beta > 0.6$ $\quad Q_\beta = \dfrac{0.3}{\beta(1 - 0.833\beta)}$

برای $\beta \le 0.6$ $\quad Q_\beta = 1.0$

برای $\gamma > 20$ $\quad Q_g = 1.8 - 4\ g/D$

برای $\gamma \le 20$ $\quad Q_g = 1.8 - 0.1\ g/T$

در هر حال Q_g نباید کمتر از ۱ در نظر گرفته شود.

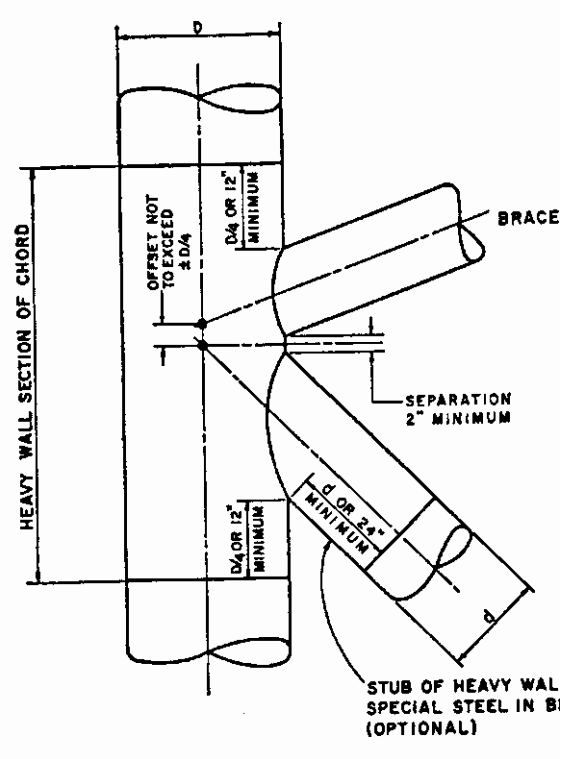
۳-۶-۱-۳ نکات طراحی

چنان‌چه در عضو اصلی در محل اتصال لوله‌ای، افزایش ضخامت ضروری باشد، این افزایش ضخامت باید حداقل به اندازه $\frac{۱}{۴}$ قطر عضو اصلی یا ۳۰۰ میلیمتر، هر کدام که بزرگترند، از لبه بیرونی عضو فرعی ادامه پیدا کند. در حالتی که از افزایش ضخامت و یا تغییر نوع فولاد در انتهای عضو فرعی استفاده شود، این افزایش باید حداقل به اندازه قطر عضو فرعی و یا ۶۰۰ میلیمتر، هر کدام که بزرگترند، از محل اتصال ادامه یابد (به شکل ۳-۴ رجوع شود).

در اتصالات لوله‌ای ساده، باید حداقل ۵۰ میلیمتر فاصله آزاد از پای جوش در بین دو عضو فرعی در محل اتصال به عضو اصلی وجود داشته باشد. چنان‌چه برای تأمین این فاصله آزاد، محل تلاقی محورهای اعضای فرعی با محور عضو اصلی از $\frac{۱}{۴}$ قطر عضو اصلی تجاوز نکند، اتصال همچنان از نوع اتصال متمرکز (بدون خروج از مرکز) تلقی می‌شود.

omoorepeyman.ir

چنان‌چه تأمین فاصله آزاد ۵۰ میلیمتر میسر نگردد، اتصال باید به عنوان اتصال همپوشان تلقی شود و مطابق ضوابط بند ۳-۶-۲ طراحی شود.



شکل ۳-۴ جزئیات اتصال لوله‌ای ساده

l_1: طولی از محیط عضو فرعی که به عضو اصلی جوش شده است.

l: طولی از محیط عضو فرعی که در تماس با عضو است (قسمت همپوشان در نظر گرفته نمی‌شود).

۳-۶-۲ اتصالات لوله‌ای همپوشان

در اتصالات همپوشان که مقادیر ممانهای خمشی کم بوده و بخشی از نیروهای محوری به طور مستقیم از یک عضو فرعی به عضو فرعی دیگر منتقل می‌شوند، طراحی بر طبق روش زیر صورت می‌گیرد:

omoorepeyman.ir

مقدار مجاز مؤلفه عمود بر محور عضو اصلی ناشی از نیروی محوری در عضو فرعی، عبارت است از:

$$P_{\perp} = P_a \sin\theta \frac{l_1}{l} + (2\, V_{wa}\, t_w\, l_2) \qquad (۴۸)$$

در رابطه فوق:

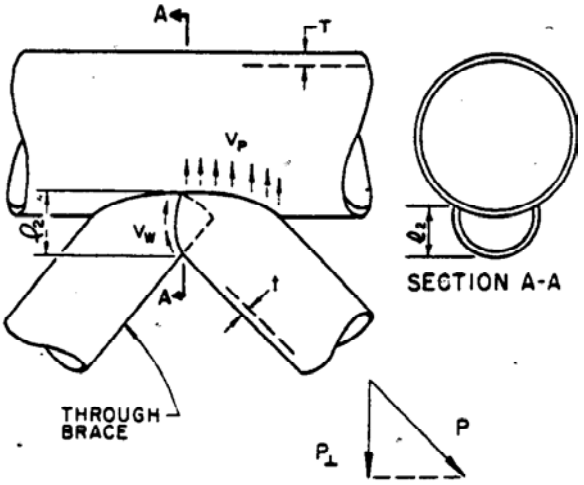
P_a: ظرفیت اتصال بر حسب نیروی محوری عضو فرعی تعریف شده در بند ۳-۶-۱-۲

l_2: تصویر طولی از عضو شاخه که با عضو دیگر در امتداد عمود بر محور عضو اصلی، دارای همپوشانی است.

V_{wa}: تنش مجاز برشی در جوش بین اعضای فرعی، بر طبق AISC

t_w: ضخامت عضو نازک‌تر فرعی و یا ضخامت گلوی جوش، هر کدام کمتر است.

قسمت همپوشان باید برای حداقل (۵۰٪) مقدار $P_{\perp}$ کنترل شود. زمانی که اعضای فرعی تحت اثر بارهای متفاوتی هستند یا در مواردی که یکی از اعضای فرعی از عضو فرعی دیگر ضخیم‌تر باشد، لازم است عضو ضخیم‌تر، به طور کامل امتداد یافته و به عضو اصلی جوش شود (مطابق شکل ۳-۵). ممانهای ناشی از منطبق نبودن محل تلاقی امتداد محور اعضای فرعی با محور اصلی، در صورتی که خروج از مرکز، بیش از مقدار تعیین شده در بند ۳-۶-۱-۳ باشد، باید در طراحی در نظر گرفته شوند.



شکل ۳-۵ اتصالات لوله‌ای همپوشان

omoorepeyman.ir

۳-۶-۳ اتصالات متراکم

در اتصالات متراکم که اعضای فرعی موجود در صفحات مختلف، در محل اتصال همپوشان می‌شوند، راه حلهای زیر توسط طراح می‌تواند در نظر گرفته شود:

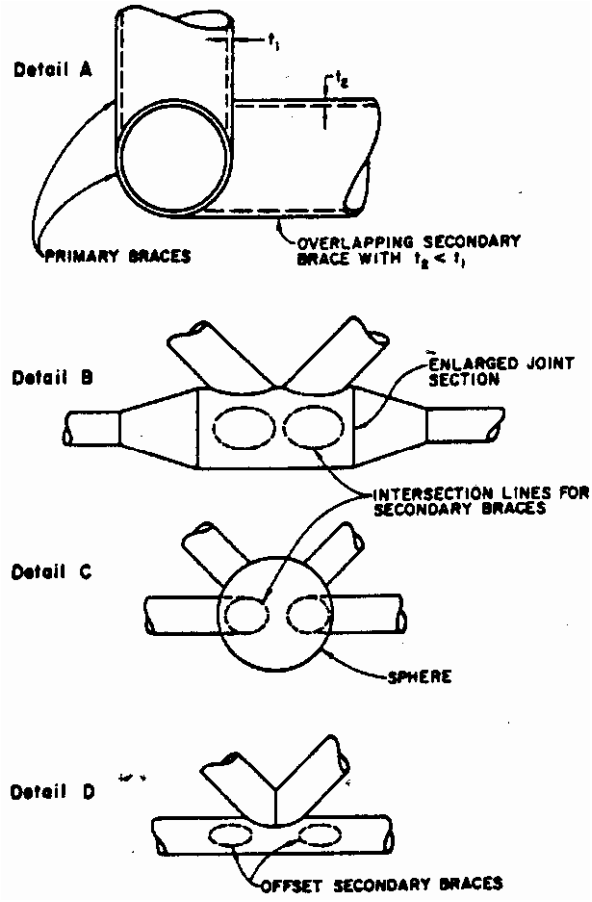
الف: در مواردی که یکی از اعضای فرعی به صورت قابل ملاحظه‌ای از عضو دیگر ضخیم‌تر باشد، آن عضو می‌تواند به صورت کامل امتداد یافته و عضو دیگر به صورت عضو فرعی همپوشان، طراحی شود (جزئیات A در شکل ۳-۶).

ب: به عنوان یک راه حل دیگر، ممکن است قطر عضو اصلی در محل اتصال افزایش یافته و اتصال به صورت یک اتصال ساده طراحی شود (جزئیات **B** در شکل ۳-۶).

ج: راه حل سوم، استفاده از یک اتصال کروی است (جزئیات **C** در شکل ۳-۶). این اتصال باید با استفاده از پارامترهای زیر، بر طبق ضوابط بند ۳-۶-۱ طراحی شود.

د: راه حل دیگر، ایجاد فاصله در محل تلاقی اعضای فرعی با عضو اصلی در یکی از صفحات است (جزئیات **D** در شکل ۳-۶). در این حالت لنگرهای ناشی از خروج از مرکز اتصال، باید در طراحی در نظر گرفته شوند.

omoorepeyman.ir



شکل ۳-۶ اتصالات متراکم

۳-۶-۴ انتقال بار در عرض عضو اصلی

در اتصالات **X** و اتصالات پایه‌های جاکت که به عنوان عضو خرپای به آب اندازی، استفاده می‌شوند و سایر اتصالات که در آنها باید بار در عرض عضو اصلی منتقل شود، طراحی باید به گونه‌ای صورت گیرد که از خرابی آن جلوگیری شود. در اتصالاتی که در محل اتصال فقط از افزایش ضخامت استفاده شود، ضخامت افزایش یافته برابر $\mathbf{T_c}$ باشد و نسبت قطر عضو فرعی به قطر عضو اصلی کوچکتر از ۰/۹ باشد، مقدار بار مجاز در عضو فرعی برابر است با:

omoorepeyman.ir

$$P = P(1) + \frac{L}{2.5D}[P(2) - P(1)]$$ برای L<2.5D (۴۹)

برای L>2.5D $P=P(2)$

در روابط اخیر:

L: طولی از عضو اصلی است که در قسمت اول شکل ۳-۷ نشان داده شده است.

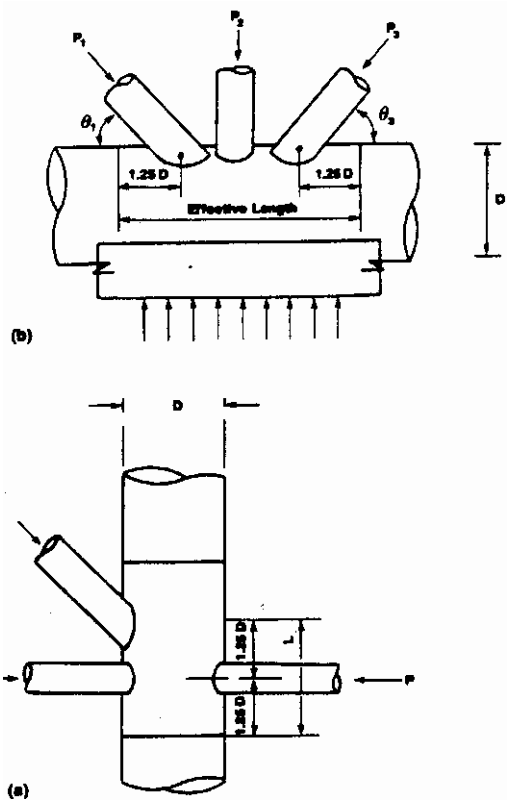
P(1): معادل P_a است که از رابطه ۴۴ با استفاده از ضخامت اسمی عضو اصلی به دست می‌آید.

P(2): معادل P_a است که از همان رابطه با استفاده از ضخامت T_c به دست می‌آید.

برای اتصالات پیچیده‌تر، باید ملاحظات خاصی اعمال شود. در حالتی که چند عضو فرعی در یک صفحه وجود داشته باشد، جمع نیروی اعمالی به بدنه عضو اصلی از رابطه $\Sigma_i P_i \sin\theta_i$ به دست می‌آید. در این حالت می‌توان با استفاده از تحلیل یک حلقه با در نظر گرفتن رفتار غیر خطی و ضرایب اطمینان مناسب، تحلیلی تقریبی انجام داد. در این حالت، طول مؤثر حلقه باید مطابق قسمت دوم شکل ۳-۷ تعیین شود. در این حالت اثرات وجود دیافراگم یا تقویت حلقوی در طول مؤثر حلقه مورد تحلیل، می‌تواند در نظر گرفته شود.

در اتصالاتی که در عضو اصلی در محل تلاقی هر عضو فرعی حداقل ۲ دیافراگم در محل مناسب قرار داده شده باشد، تنها ظرفیت اتصال باید کنترل شود. ضخامت این دیافراگمها باید حداقل برابر ضخامت جداره عضو فرعی باشد و ظرفیت اتصال باید با استفاده از جدول ۳-۳ و در نظر گرفتن اتصال به صورت **X**، به دست آید.

omoorepeyman.ir



شکل ۳-۷ طول مؤثر عضو اصلی اتصالات لوله‌ای

۳-۶-۵ سایر اتصالات

اتصالاتی که بر طبق مفاد بندهای ۳-۶-۱ الی ۳-۶-۴ قابل طراحی نباشند، باید بر اساس روشهای مناسب تحلیلی یا تجربی طراحی شوند.

omoorepeyman.ir

۳-۷ خستگی

۳-۷-۱ کلیات

در طراحی سکوهای دریایی، لازم است توجه لازم به خستگی ناشی از تنشهای متناوب در محل اتصالات مبذول گردد و برای این منظور، باید تحلیل تفصیلی خستگی به نحوی که در این بند توصیف می‌شود، انجام گردد.

۳-۷-۲ روش تفصیلی تحلیل

برای انجام تحلیل خستگی به روش تفصیلی، اقدامات زیر باید انجام شوند:

۳-۷-۲-۱

وضعیت امواج دریا باید به صورت منحنیهای فراوانی امواج و یا مجموعه‌ای از حالتهای دریا که در درازمدت ممکن است در محل پدیدار شوند، تعیین گردد. داده‌های مذکور ممکن است با استفاده از اطلاعات ثبت شده و یا اطلاعات حاصل از روش تخمین گذشته به دست آیند.

برای انجام تحلیل خستگی با استفاده از اطلاعات حالتهای دریا، حالتها ممکن است به صورت تعداد محدودی از حالتهای نماینده که توسط طیف انرژی و نیز احتمال وقوع توصیف می‌شوند، بیان شوند.

حالتهای دریا ممکن است به یکی از فرمهای زیر بیان شوند:

الف: دیاگرام توزیع دو پارامتری

این دیاگرام باید احتمال ترکیبات مختلف ارتفاع عمده موج و زمان تناوب متوسط قطع صفر را ارایه دهد.

ب: دیاگرام توزیع جهتی

در این حالت، هر حالت دریا با سه پارامتر مشخصه ارتفاع عمده موج، زمان تناوب متوسط قطع صفر و جهت مرکزی حرکت موج، بیان می‌شود.

ج: دیاگرام توزیع جهتی به همراه تابع پخش جهتی

omoorepeyman.ir

در این حالت، علاوه بر سه پارامتر مشخصه در حالت ب، تابع پخش جهتی $\mathbf{D(\theta)}$ نیز توزیع انرژی موج در جهتهای مختلف در هر حالت دریا را توصیف می‌کند.

د: ردیفهای دو مودی

در این روش، حالت دریا با ترکیب امواج دوراً و امواج محلی به دست می‌آید. از آنجا که امواج دوراً به صورت تقریبی، تک‌جهته می‌باشند، در این روش از تابع پخش جهتی نباید استفاده شود.

۲-۲-۷-۳

برای به دست آوردن تنشهای اسمی ایجاد شده در اعضای سازه ناشی از نیروهای امواج، سازه باید به صورت یک قاب فضایی تحلیل شود. محاسبات نیروهای امواج باید مطابق رویه‌ای که در بند ۲-۳-۱ تشریح شد انجام شوند، ولی اثر جریانهای دریایی ممکن است کنار گذاشته شود. لذا در نظر گرفتن زمان تناوب ظاهری موج و اثرات ممانعت جریان ضروری نیست. ضرایب سینماتیکی موج و پوشش لوله‌های هادی نیز، باید برابر یک در نظر گرفته شوند. ضرایب پسا و اینرسی نیز به حالت دریا وابسته‌اند که با استفاده از عدد کویلیگان کارپنتر $\mathbf{K}$، به دست می‌آیند. برای امواج کوتاه (که در آنها $\mathbf{K}<۶$)، برای پایه‌های سکو در تراز متوسط دریا) $\mathbf{C_m}$ =۲، برای اعضای زبر، $\mathbf{C_d}$=۸ و برای اعضای صاف، $\mathbf{C_d}$ =۰/۵ باید مورد استفاده قرار گیرند.

برای حالتهایی از دریا که بخش قابل توجهی از انرژی آنها در حوالی زمانهای تناوب نزدیک به زمان تناوب اصلی سکو متمرکز شده است، اثرات دینامیکی باید در نظر گرفته شوند.

۳-۲-۷-۳

مدل قاب فضایی که برای تحلیل خستگی سازه مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید تمام خصوصیات مهم مربوط به سختی، جرم، استهلاک انرژی، رسوبهای جانداران دریایی و بارگذاری و مشخصات فونداسیون سازه را دربر گیرد. مدل سازه‌ای مورد استفاده در تحلیل مقاومت سازه، ممکن است برای تحلیل خستگی نیاز به اصلاحاتی داشته باشد که دربر گیرنده اعضای حساس در مقابل خستگی باشد.

omoorepeyman.ir

تقاطع اعضا در مدل سازه‌ای، باید به گونه‌ای مدل شود که تنش اسمی منتج در انتهای عضو، برای استفاده بعدی در تحلیل خستگی مناسب باشد. در مورد اتصالات لوله‌ای که در آنها عضو فرعی خیلی کوتاه بوده و یا عضو اصلی دارای قطر بزرگی باشد، نرمی موضعی اتصال باید در محاسبات منظور شود.

سختی اعضای الحاقی نظیر لوله **J**، رایزر، لوله‌های هدایت کننده شمعهای کناری، ورق بستر و یا سازه به آب اندازی جاکت، چنان‌چه در سختی کلی سازه مشارکت قابل ملاحظه‌ای داشته باشند، باید در مدل سازه لحاظ شوند. سختی لوله‌های هادی و سطوح افقی سازه نیز باید در مدل در نظر گرفته شوند. همچنین سختی عرشه سکو نیز باید به صورت کافی در مدل لحاظ شود.

در صورتی که ضرایب مربوط به خطی‌سازی رفتار فونداسیون سکو، به گونه‌ای اختیار شوند که منعکس کننده رفتار تناوبی سازه در مقابل حالتهایی از دریا باشند که بیشترین مشارکت را در خسارات ناشی از خستگی در سازه پدید می‌آورند، قابل قبول است.

مدل‌سازی اجرام در سازه، باید دربر گیرنده جرم سازه اصلی، تجهیزات، لوله‌های هادی، سازه‌های الحاقی، دوغاب سیمان، رسوبهای جانداران دریایی، جرم آب محبوس در اعضای سازه و جرم اضافی آب باشد. جرم اضافی آب برای حرکتهای عمود بر محور طولی هر یک از اعضای سازه اصلی یا سازه الحاقی، ممکن است بر اساس جرم آب جابه‌جا شده، توسط این اجزا تخمین زده شود. در تحلیلهای دینامیکی و یا در مواردی که اثرات دینامیکی بازتاب سازه به بارگذاری امواج مورد محاسبه قرار می‌گیرد، انتخاب ضرایب میرایی حایز اهمیت است. برای این منظور استفاده از نسبتهای میرایی (۲٪) و یا کمتر از آن توصیه می‌شود. در محاسبات مربوط به نیروی امواج، در نظر گرفتن اثر حرکتهای سازه در محاسبات مربوط به نیروی پسا، منجر به میرایی اضافی در سازه می‌شود. در مورد سکوهای ثابت غیر منعطف، چنین افزایشی در میرایی در اندازه‌گیریها مشاهده نشده است، لذا استفاده از این روش جایز نیست. در مورد سکوهای منعطف، این اثر میرایی اضافی می‌تواند در محاسبات منظور شود.

از آنجا که زمان تناوب ارتعاش سکوها ممکن است بر اساس فرضیات تحلیل، دارای تغییرات قابل توجهی باشد، زمان تناوب محاسبه شده از تحلیل باید به صورت دقیقی مورد مطالعه قرار گیرد. در صورتی که از روش طیفی جهت تحلیل استفاده گردد و زمان تناوب حاصل از تحلیل، در حوالی یکی از

omoorepeyman.ir

مناطق حضیض در منحنی تابع تبدیل برش پایه قرار گیرد، لازم است با اصلاح جرم یا سختی اجزای سازه، این زمان تناوب تا (۱۰٪) به سمت حالتی که نتایج محافظه‌کارانه‌ای را ارایه می‌دهد تغییر یابد.

در محاسبات مربوط به بارگذاری امواج، لازم است استفاده از تئوری موج مناسب و تعیین ضرایب پسا و اینرسی با دقت انجام شود و توجه شود که موارد فوق، ممکن است در حالت تحلیل در مقابل خستگی، با حالت تحلیل برای تعیین مقاومت سازه متفاوت باشند.

۴-۲-۷-۳

نتایج تحلیل مدل قاب فضایی سازه باید بر حسب تنش اسمی در محل اتصال اعضا مشخص شوند. در اتصالات لوله‌ای جاکت سکوها، تنشهای اسمی در عضو فرعی باید با استفاده از ضرایب تمرکز تنش مناسب به تنشهای نقاط بحرانی در نقاط مجاور اتصال لوله‌ها تبدیل شوند. اثرات موضعی مربوط به هندسه جوش که در نتیجه جوش اتفاق می‌افتد، در منحنیهای **S-N** نهفته است و در نظر گرفتن این اثرات در ضرایب تمرکز تنش، ضروری نیست.

۵-۲-۷-۳

در هر نقطه در اطراف هر اتصال مورد نظر، بازتاب تنش در هر حالت دریا باید محاسبه شود. تنشهای مذکور باید با استفاده از اطلاعات مربوط به فراوانی حالتهای دریا به توزیع درازمدت تنش تبدیل شوند. این توزیع سپس باید برای محاسبه نسبت تجمعی خسارت خستگی **D**، مطابق رابطه زیر مورد استفاده قرار گیرد:

$$D = \Sigma\left[\frac{n}{N}\right] \qquad (۵۰)$$

در این رابطه:

n: تعداد سیکلهای بارگذاری در یک دامنه تنش معین

N: تعداد سیکلهای بارگذاری مجاز در دامنه تنش معین که از منحنی **S-N** به دست می‌آید.

omoorepeyman.ir

به عنوان یک روش مجاز دیگر، ممکن است نسبت تجمعی خسارت برای هر حالت دریا به صورت جداگانه با استفاده از رابطه فوق محاسبه شده و سپس این نسبتها با یکدیگر ترکیب شوند تا نسبت تجمعی خسارت برای کل حالتهای دریا، محاسبه گردد.

۶-۲-۷-۳

عمر طراحی خستگی برای هر اتصال و هر عضو، باید حداقل ۲ برابر عمر مورد نظر سازه باشد، به عبارت دیگر ضریب اطمینان ۲ در محاسبات منظور شود. برای عمر طراحی ضریب **D**، نباید از ۱ تجاوز نماید. برای اعضای حساس که خرابی آنها ممکن است منجر به خسارات مهمی در سازه گردد، استفاده از ضرایب اطمینان بزرگتر توصیه می‌شود.

چنان‌چه خسارت ناشی از خستگی به واسطه عوامل دیگری نظیر حمل و نقل نیز در سازه پدید آید، برای ترکیب اثرات خستگی حالتهای مختلف بارگذاری، باید از رابطه زیر استفاده گردد:

$$\sum_{i} (SF)_i D_i < 1/0 \qquad (۵۱)$$

در این رابطه D_i نسبت خسارت ناشی از هر نوع بارگذاری و $(SF)_i$ ضریب اطمینان مربوطه است.

برای حالت حمل و نقل، چنان‌چه از توزیع درازمدت امواج برای محاسبه خسارت ناشی از اثرات کوتاه مدت خستگی استفاده شده باشد، ضریب اطمینان بزرگتری باید لحاظ شود.

۳-۷-۳ منحنیهای S-N

۳-۷-۳-۱ اتصالات لوله‌ای

در مورد اتصالات لوله‌ای که در معرض تغییرات تنش ناشی از بارهای محیطی یا بارهای بهره‌برداری قرار می‌گیرند، منحنیهای **S-N** شکل ۳-۸ باید مورد استفاده قرار گیرند. این منحنیها برای حالت بارگذاری تصادفی مورد استفاده بوده و با فرض حفاظت کاتدی مؤثر در سازه تهیه شده‌اند. برای اتصالاتی که در ناحیه پاشش آب قرار گرفته‌اند، یا در معرض خوردگی شدید بوده و یا فاقد حفاظت در مقابل خوردگی می‌باشند، حد طاقت نشان داده شده در منحنی نباید در نظر گرفته شود. بهتر است اتصالات در ناحیه پاشش آب قرار نگیرند. برای اتصالات لوله‌ای که در معرض تنشهای منظم متناوب در محیط خارج

omoorepeyman.ir

از آب قرار گرفته‌اند، حد طاقت برای منحنیهای **X** و **X′** ممکن است به ترتیب در موقعیت $۱۰^۷$ و $۲×۱۰^۷$ در نظر گرفته شود.

منحنی **X′** برای حالتهایی که پروفیل جوش به صورت کنترل نشده باشد، ولی با پروفیل هموار استاندارد **AWS** مطابقت داشته باشد و در ضمن، ضخامت لوله فرعی از ۱۶ میلیمتر کمتر باشد، قابل کاربرد می‌باشد. برای همین حالت، چنان‌چه ضخامت از ۱۶ میلیمتر بیشتر باشد، باید اصلاح اثر اندازه، مطابق رابطه زیر انجام شود:

$$S = S_0\left[\frac{t}{t_0}\right]^{-0.25} \qquad (۵۲)$$

که در آن:

S: تنش مجاز

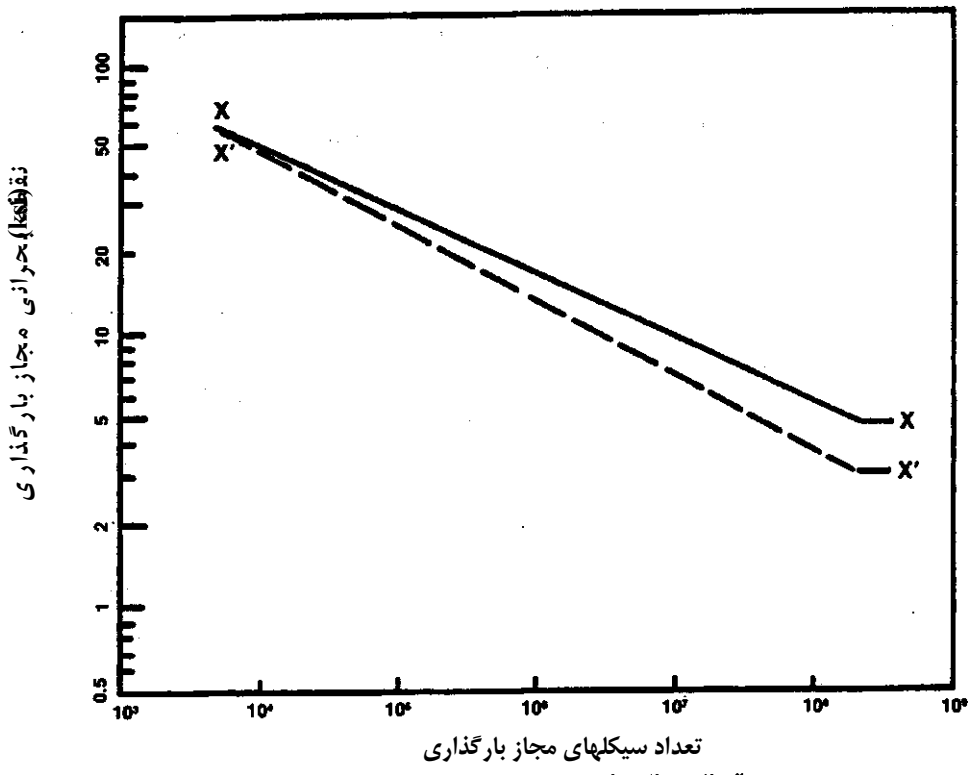
S_0: تنش مجاز به دست آمده از منحنی **S-N**

t: ضخامت عضو شاخه

T_0: حد ضخامت عضو شاخه برای استفاده مستقیم از منحنی **S-N** (۱۶ میلیمتر برای منحنی **X′**)

منحنی **X** برای حالتهایی که پروفیل جوش به صورتی که در بند ۷-۴-۲ تعریف شده، کنترل شده باشد و ضخامت عضو فرعی کمتر از ۲۵ میلیمتر باشد، کاربرد دارد. در این حالت، چنان‌چه ضخامت عضو فرعی بیشتر از ۲۵ میلیمتر باشد، لازم است اصلاح اثر اندازه با استفاده از رابطه فوق صورت گیرد، ولی در این حالت **t_o** در رابطه مذکور، برابر ۲۵ میلیمتر می‌باشد. البته لازم نیست کاهش تنش مجاز به میزانی باشد که تنش مذکور از تنش مجاز حاصل از منحنی **X′** کمتر باشد. در حالتی که ضخامت عضو فرعی از ۲۵ میلیمتر بیشتر باشد، در صورتی که پروفیل جوش به گونه‌ای هموار سنگ‌زده شود و دارای شعاعی بزرگتر یا برابر نصف ضخامت عضو شاخه باشد، اصلاح اثر اندازه ضروری نیست. اثرات سنگ زدن نهایی باید در جهت عمود بر محور جوش بوده و آزمایش ذرات مغناطیسی نیز روی جوش انجام شود.

omoorepeyman.ir



شکل ۳-۸ منحنی S-N برای تحلیل اتصالات لوله‌ای

۳-۷-۳-۲ سایر اتصالات و اعضا

اعضای دیگر لوله‌ای و اتصالات در عرشه سکوها، همچنین اعضای الحاقی سازه، ممکن است در معرض تنشهای متغیر ناشی از عوامل محیطی یا بارهای عملکردی قرار گیرند. بارهای عملکردی با دامنه متغیر، شامل بارهای ناشی از جرثقیلها، ماشین‌آلات و یا پر و خالی شدن مخازن می‌باشند. در این حالت، چنان‌چه جزئیات اتصال جوشی بر طبق شکل ۳-۹ باشد، منحنیهای **S-N** اشکال ۳-۱۰ و ۳-۱۱، باید با توجه به وجود یا عدم وجود درجه نامعینی در اجزای سازه‌ای مورد بررسی، مورد استفاده قرار گیرند. در مورد اتصالات جوشی اعضای لوله‌ای، به استثنای اتصالات لوله به لوله که در بند ۳-۷-۳-۱ مورد بحث

omoorepeyman.ir

قرار گرفت، چنان‌چه تغییرات تنش به حالتی که در جدول ۳-۴ نشان داده شده است اعمال شود، منحنیهای **S-N** نشان داده شده در شکل ۳-۱۲ باید مورد استفاده قرار گیرند.

جدول ۳-۴ انواع حالتهای اتصالات جوشی در اعضای لوله‌ای (به استثنای اتصالات لوله به لوله)

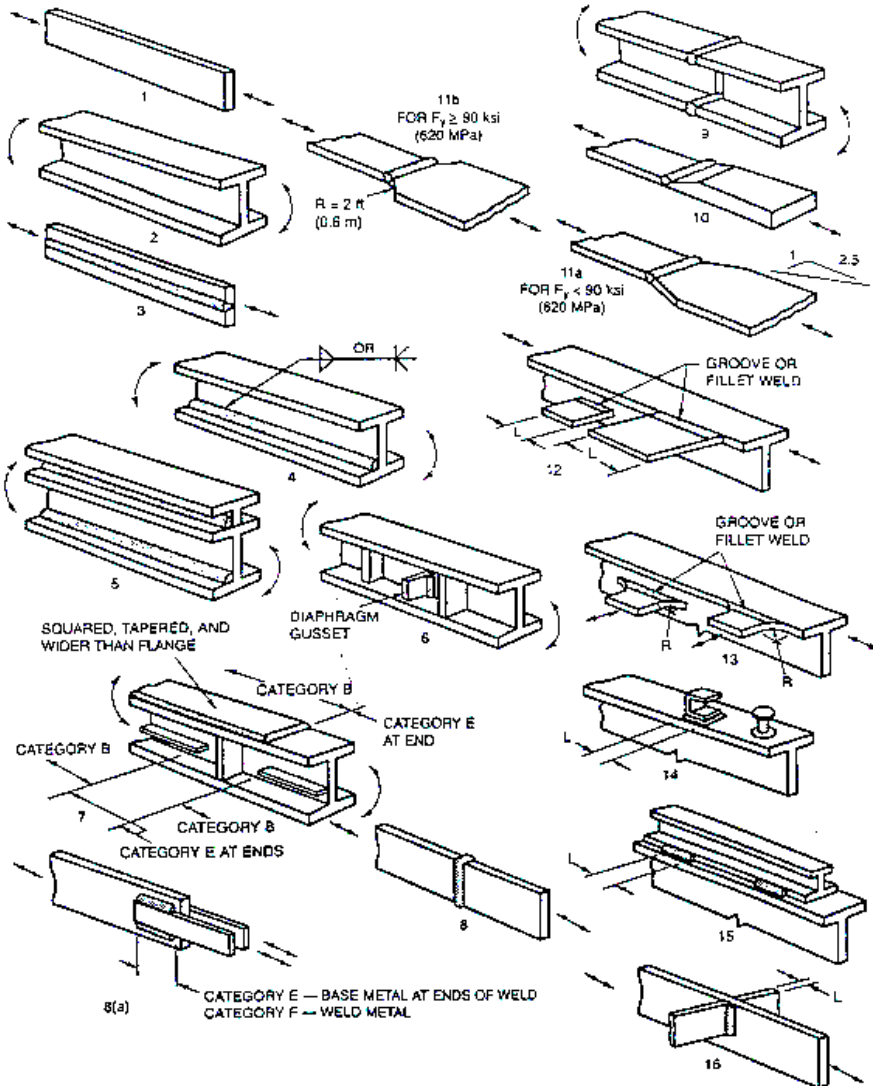
منحنی S-N	موقعیت	نوع تنش*
A	لوله جوش نشده	TCBR
B	لوله دارای درز طولی	TCBR
B	اتصالات عرضی از نوع جوش نفوذی کامل در حالتی که به خوبی سنگ زده شده و با استفاده از یکی از روشهای RT یا UT مورد بازرسی قرار گرفته باشد.	TCBR
B	اعضای دارای تقویتهای طولی که به طور ممتد به عضو، جوش نشده باشند.	TCBR
C1	اتصالات عرضی از نوع جوش نفوذی کامل در حالت عادی پس از جوشکاری	TCBR
C2	اعضای دارای تقویت حلقوی عرضی	TCBR
D	اعضای دارای برخی منضمات نظیر لچکی و غیره	TCBR
D	اتصالات T شکل یا صلیبی شکل با جوش نفوذی کامل (به استثنای حالت اتصال لوله به لوله)	TCBR
E	اتصالات متعادل T شکل یا صلیبی شکل با جوش نفوذ نسبی یا جوش گوشه (به استثنای حالت اتصال لوله به لوله)	TCBR در عضو (جوش باید با استفاده از منحنی F کنترل شود.)
E	اعضایی که ورقهای پوششی، تقویتهای طولی یا لچکیها به‌آنها ختم می‌شوند (به استثنای حالت اتصال لوله به لوله)	TCBR در عضو (جوش باید با استفاده از منحنی F کنترل شود.)
F	جوش انتهایی ورقهای پوششی و جوش ورقهای تقویتی و لچکی	برش در جوش
F	اتصالات T شکل و صلیبی در معرض کشش یا خمش دارای جوش نفوذ نسبی یا جوش گوشه (به استثنای حالت اتصال لوله به لوله)	برش در جوش (بدون توجه به امتداد بارگذاری)

***T**:کشش، **C**: فشار، **B**: خمش و **R**: تغییر در جهت بار یعنی کل دامنه تنش اسمی محوری و خمشی باید مورد استفاده قرار گیرد.

در مواردی که اتصالات مورد مطالعه در معرض خوردگی باشند، حد طاقت نباید در منحنیهای **S-N** در نظر گرفته شود، ولی در حالتهایی که اتصال در ناحیه مستغرق قرار گرفته و از حفاظت کاتدی مؤثر نیز استفاده شده باشد، حد طاقت را می‌توان در تعداد سیکلهای بارگذاری ۲×۱۰^{۸} در نظر گرفت. در منحنیهای **S-N**، **S** معرف تنش اسمی در مجاورت اتصال مورد مطالعه می‌باشد ولی در این اتصالات،

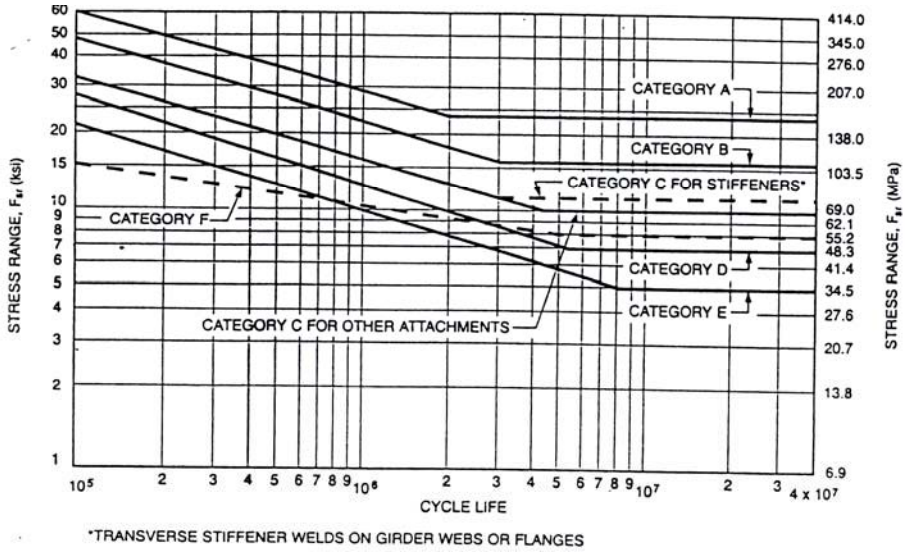
omoorepeyman.ir

ممکن است به دلایلی از قبیل خمش پوسته‌ای، تنشهای واقعی، بزرگتر از تنشهای اسمی باشند که این موضوع باید در استفاده از این منحنیها مورد توجه واقع شود. البته تمرکز تنشهای هندسی ناشی از جزئیات هندسی اتصال، از قبل در منحنیها در نظر گرفته شده‌اند.

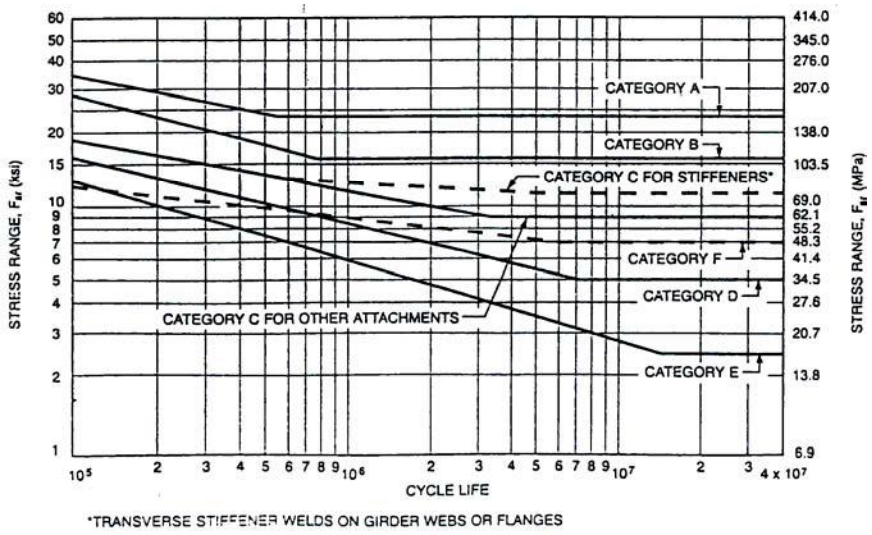


شکل ۳-۹ انواع اتصالات جوشی غیر لوله‌ای

omoorepeyman.ir

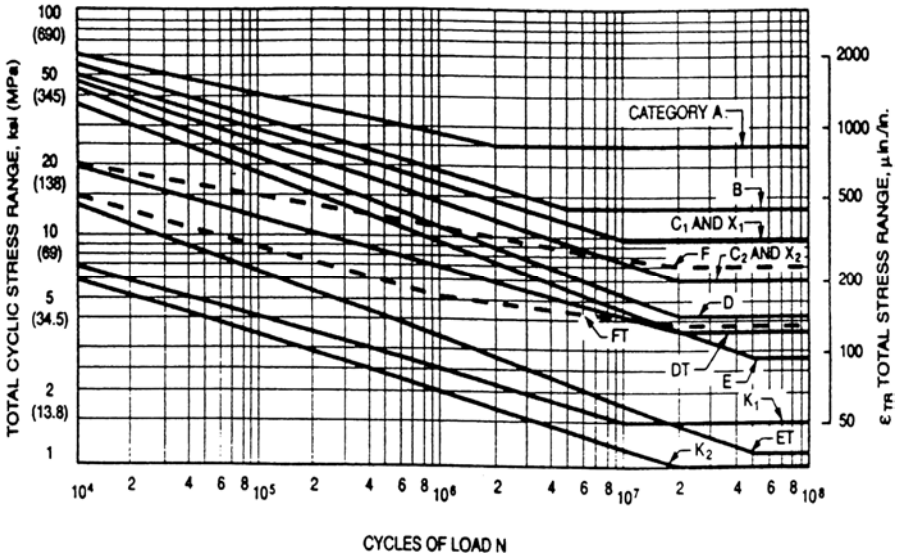


شکل ۳-۱۰ منحنیهای S-N برای اتصالات غیر لوله‌ای در اجزای دارای درجه نامعینی برای سرویس در شرایط آتمسفری



شکل ۳-۱۱ منحنیهای S-N برای اتصالات غیر لوله‌ای در اجزای فاقد درجه نامعینی برای سرویس در شرایط آتمسفری

omoorepeyman.ir



شکل ۳-۱۲ منحنیهای S-N برای اتصالات جوشی در اعضای لوله‌ای (به استثنای اتصالات لوله‌ای) برای سرویس در شرایط آتمسفری

۳-۷-۴ ضرایب تمرکز تنش برای اتصالات لوله‌ای

منحنیهای **X** و **X′** در شکل ۳-۸، باید به همراه دامنه‌های تنش بحرانی که با استفاده از ضرایب تمرکز تنش مناسب به دست می‌آیند، مورد استفاده قرار گیرند. این ضرایب ممکن است با استفاده از تحلیلهای المان محدود و آزمایش بر روی مدل و یا روابط تجربی که بر اساس یکی از این روشها به دست آمده باشند، تعیین شوند.

برای اتصالاتی که مفاد بند ۳-۶-۱ را رعایت نمی‌کنند، به عنوان مثال آنهایی که به صورت همپوشان بوده و یا دارای تقویتهای حلقوی و یا ورقهای لچکی هستند، ضریب تمرکز تنشی حداقل برابر با ۶، باید در عضو فرعی استفاده شود. در مواردی که عضو اصلی و یا اجزای تقویتی به گونه‌ای طراحی نشده‌اند که به تنهایی بتوانند تمام ظرفیت باربری استاتیکی اتصال را تأمین نمایند، این اجزا نیز باید به صورت جداگانه مورد کنترل قرار گیرند. چنان‌چه از روش تحلیل المانهای محدود و المانهای پوسته نازک برای تعیین ضرایب تمرکز تنش استفاده شود، شبکه المانهای محدود باید به اندازه کافی ریز باشند تا تغییرات شدید تنش در محل تقاطع را نشان دهد و در ضمن، تنشهای متناظر با محل جوش نیز باید در

omoorepeyman.ir

تفسیر نتایج مورد استفاده قرار گیرند. المانهای پوسته ضخیم و یا المانهای جامد سه بعدی نیز ممکن است در این نوع تحلیل مورد استفاده قرار گیرند تا مدل‌سازی بهتری از منطقه جوش صورت گیرد.

چنان‌چه در نظر باشد از روابط تجربی برای تعیین ضرایب تمرکز تنش استفاده شود، چند دسته از این روابط به شرح زیر قابل استفاده‌اند:

الف: روابط **Kuang** [5] که بر اساس تحلیلهای المانهای محدود با استفاده از المان پوسته نازک به دست آمده‌اند.

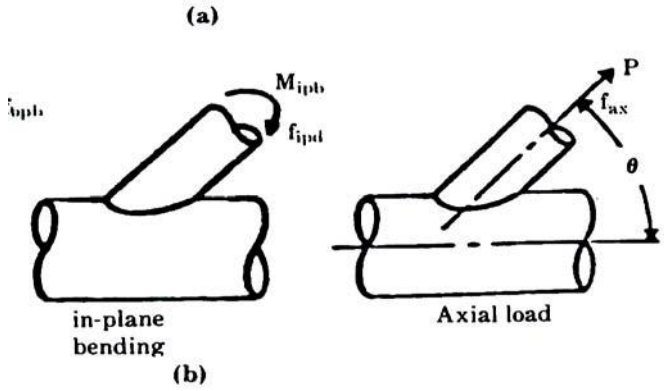
ب: روابط **Kellog** [6] که در این روابط، اثر دوغاب سیمان بر روی ضرایب تمرکز تنش نیز در نظر گرفته شده است.

ج: روابط **Llogds Register** [8, 7] که بر اساس نتایج آزمایش بر روی مدلهای آکریلیک اتصالات لوله‌ای به دست آمده‌اند.

د: روابط **Gibsteine** [9]، **Buitrago** [10] و **Tebbett** [11]

در استفاده از روابط تجربی باید توجه شود که از این روابط در خارج از محدوده اعتبار پارامترها استفاده نشود. آسیب ناشی از خستگی باید حداقل در ۴ نقطه در اطراف اتصال لوله‌ای محاسبه شود. در موقعیت زین اتصال (شکل ۳-۱۳)، تنشهای بحرانی ناشی از نیروی محوری و ممان خمشی خارج از صفحه و در موقعیت تاج اتصال (شکل ۳-۱۳)، تنشهای بحرانی ناشی از نیروی محوری و ممان خمشی داخل صفحه، باید با یکدیگر ترکیب شوند. از آنجا که در حالت ترکیب بارهای مختلف، حداکثر تنش ممکن است در نقطه‌ای غیر از نقاط زین و یا تاج اتفاق افتد، چنان‌چه مقادیر تنش در تعداد ۸ نقطه یا بیشتر در اطراف اتصال محاسبه شوند، باید چگونگی توزیع تنش در اطراف اتصال با استفاده از روابطی نظیر روابط موجود در مراجع این قسمت تعیین شود.

omoorepeyman.ir



شکل ۳-۱۳ حالتهای بارگذاری و نقاط بحرانی در اتصالات لوله‌ای

omoorepeyman.ir

۴

طراحی شالوده

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۴-۱ مقدمه

خاک شالوده یک سکوی دریایی علاوه بر بار مرده سازه، تحت تأثیر نیروهای ناشی از بارهای محیطی سیکلی ناشی از موجهای عبوری نیز قرار دارد. این نیروها باعث ایجاد حرکت در خاک شالوده و تغییر در فشار آب نفوذی شده و بر مقاومت خاک تأثیر می‌گذارند.

سازه و شالوده باید طوری طراحی شوند که در طول عمر مفید خود، بارهای استاتیکی و سیکلی را بدون تغییر شکل زیاد تحمل نموده و جابه‌جایی‌ها و حرکتهای شالوده، در محدوده‌ای قرار گیرد که سازه بتواند بر اساس کاربری خود، عمل نماید. در نظر گرفتن اندرکنش بین خاک و سازه و محدود کردن حرکتهای شالوده، می‌تواند باعث تعیین مناسب‌ترین نوع سازه در یک محل خاص گردد.

۴-۱-۱ جنبه‌های خاص طراحی پی

موارد زیر در طراحی شالوده سکوی دریایی مطرح بوده و باید در نظر گرفته شوند:

الف: خاک شالوده‌ها، علاوه بر بارهای معمولی که در سازه‌های روی خشکی وارد می‌شوند، تحت تأثیر نیروهای افقی محرک ناشی از بارهای محیطی نیز قرار دارند.

ب: تعیین دقیق خصوصیات ژئوتکنیکی خاک شالوده‌ها، دشوار می‌باشد.

ج: یک عدم اطمینان عمومی در مورد بزرگی بارهای وارده وجود دارد.

د: طبیعت سیکلی بارگذاری موج، باعث تغییرات تنش در خاک شالوده‌ها می‌شود که می‌تواند منجر به کاهش مقاومت برشی و ظرفیت باربری خاکها، در طول عمر در نظر گرفته شده سازه گردد.

هـ : سطح شالوده می‌تواند مستعد ساییدگی و خرابی باشد.

و: طبیعت سیکلی بارگذاری موج به گونه‌ای است که باید از کارایی دینامیکی سازه‌ها و خاک شالوده‌های آنها به عنوان یک سیستم کلی، اطمینان حاصل گردد.

ز: سازه‌های دریایی که از سیستم شمع بهره می‌برند، معمولاً بر روی تعداد محدودی شمع با بارگذاری سنگین قرار دارند.

omoorepeyman.ir

۴-۱-۲ روشهای طراحی

توصیه می‌شود که در هنگام طراحی سکوهای دریایی، از ضرایب اطمینان فراگیر استفاده شود. البته خاطر نشان می‌شود که در بعضی از آیین‌نامه‌های موجود، از ضرایب اطمینان جزئی استفاده شده است.

۴-۱-۳ مشخصات خاک

مقادیر طراحی برای مشخصات خاک، باید بر پایه نتایج آزمایشهای درجا، آزمایشگاهی و بررسی نمونه‌های به دست آمده از گمانه‌ها استنتاج شوند. پارامترهای طراحی خاک باید ارزیابیهای محافظه‌کارانه‌ای از شرایط واقعی محل باشند و بایستی دامنه و قابل اعتماد بودن کلیه اطلاعات موجود را منعکس نمایند. در این زمینه، تجربه نصب سکوهای دریایی دیگر در شرایط مشابه باید مورد استفاده قرار گیرد.

۴-۱-۴ شرایط بارگذاری

هنگام در نظر گرفتن اندرکنش بین خاک و سازه، تمام شرایط مناسب اشاره شده در بخش بارگذاری، باید مورد بررسی قرار گیرند و در طراحی، باید بحرانی‌ترین حالت بارگذاری، مورد نظر قرار گیرد.

۴-۱-۵ پایداری و حرکتهای بستر دریا

در حالتهای ویژه، امکان لغزشهای عمیق باید مورد بررسی قرار گیرد. اگر سازه بر روی یا در نزدیکی یک شیب هر چند ملایم قرار داشته باشد، خطر گسیختگی شیب باید تحلیل شود. در صورت لزوم، باید اثر بارهای ناشی از موج در کف دریا، در تحلیل در نظر گرفته شود. اگر خاک شالوده شامل یکی از انواع خاکهای زیر باشد، بررسیهای دقیق و خاصی باید انجام گیرد:

الف: رسهای عادی تحکیم یافته نرم یا بسیار نرم

ب: نهشته‌های ضعیف لای یا ماسه در جایی که امکان گسیختگی روانگرایی وجود داشته باشد.

در شرایط معین، حرکتهای بستر دریا تحت تأثیر موج، جریانهای دریایی و حرکتهای زلزله، باعث ایجاد کاهش در مقاومت یا اعمال بارگذاری اضافه بر قسمتهای مدفون سازه می‌شوند. عملیات حفاری نیز می‌تواند باعث وارد آمدن ضرباتی به شالوده گردد. این اثرات نیز باید در طراحی در نظر گرفته شوند.

omoorepeyman.ir

۴-۲ شالوده‌های شمعی

۴-۲-۱ کلیات

بیشتر سکوهای دریایی، بر روی شمعهای فولادی قرار می‌گیرند. به همین منظور در این آیین‌نامه، موارد طراحی مربوط به این نوع شمعها مورد بررسی قرار می‌گیرد. در صورت استفاده از انواع دیگر شمعها، اصول کلی طراحی مندرج در این آیین‌نامه باید رعایت گردند.

۴-۲-۲ انواع شالوده‌های شمعی

انواع شالوده‌های شمعی که برای سکوهای دریایی مورد استفاده قرار می‌گیرند، به قرار زیر می‌باشند:

۴-۲-۲-۱ شمعهای کوبیدنی

اغلب در سکوهای دریایی، از شمعهای لوله‌ای (ته‌باز) استفاده می‌شود. این شمعها توسط چکشهایی که با بخار، سوخت دیزلی یا نیروهای هیدرولیکی کار می‌کنند، در بستر دریا کوبیده می‌شوند. ضخامت جداره این شمعها باید به اندازه‌ای باشد که توانایی تحمل نیروهای محوری، جانبی و همچنین تنشهای ایجاد شده در حین کوبیدن را داشته باشد. برای تعیین میزان عمق نفوذ شمعهای کوبیدنی، باید از اصول بیان شده در بندهای ۴-۳، ۴-۶ و ۴-۸ استفاده نمود. هرگاه پیش‌بینی شود که عملیات شمع‌کوبی با مشکل مواجه شود، باید موارد زیر مورد بررسی قرار گیرند:

۴-۲-۲-۱-۱ مطالعه مجدد عملکرد چکش

ممکن است با بررسی مجدد تمام جوانب عملکرد چکش و به کمک ابزارگذاری در چکش و نوک شمع، مشکلات مشخص شده و بتوان با بهبود نحوه کار چکش، تعمیر آن و یا با استفاده از یک چکش قوی‌تر، آنها را رفع نمود.

omoorepeyman.ir

۴-۲-۲-۱-۲ بازنگری در میزان نفوذ شمع

با بررسی مجدد بارها، جابه‌جایی‌ها و ظرفیتهای باربری مورد نیاز شمع و دیگر المانهای شالوده، ممکن است بتوان ظرفیت ذخیرهٔ موجود را تعیین نمود. با تفسیر نتایج کوبش شمع در تلفیق با ابزارگذاری ذکر شده در بالا، امکان تغییر پارامترهای خاک و برآورد مجدد و دقیق‌تر ظرفیت باربری وجود دارد.

۴-۲-۲-۱-۳ اصلاح عملیات شمع‌کوبی

الف: حذف ته‌گرفتگی

برای کاهش مقاومت کوبیدن شمع، ته‌گرفتگی موجود درون آن، توسط حفاری با فشار آب یا هوا و یا با مته‌کاری برداشته می‌شود. اگر حذف ته‌گرفتگی باعث کاهش ظرفیت شمع شود، بایست به جای خاک برداشته شده، از تزریق بتن با ظرفیت باربری کافی در انتهای شمع استفاده شود. این روش ممکن است در بعضی شرایط، به عنوان مثال در خاکهای چسبنده، مؤثر نباشد.

ب: حذف خاک زیر نوک شمع

این کار را می‌توان با ایجاد یک سوراخ با مقطع کوچکتر و یا با استفاده از جت‌آب انجام داد. اثر حفر یک سوراخ با مقطع کوچکتر بر روی ظرفیت شمع، قابل پیش‌بینی نیست مگر این که تجربه قبلی در شرایط مشابه وجود داشته باشد. استفاده از این روش، اغلب به خاکهای چسبنده محدود می‌گردد. روش استفاده از جت‌آب در نوک شمع نیز به دلیل غیر قابل پیش‌بینی بودن نتیجه، زیاد مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.

ج: شمع کوبیدن دو مرحله‌ای

ابتدا شمع خارجی تا یک عمق مشخص به درون خاک رانده می‌شود، ته‌گرفتگی خاک حذف شده و شمع مرحله دوم (شمع درونی) در درون شمع مرحله اول فرو برده می‌شود و فضای بین دو شمع برای انتقال بار و عمل مرکب دو شمع با دوغاب پر می‌شود. شمعهای دارای قطر بزرگ، ممکن است به کلیدهای برشی در خارج شمع درونی و داخل شمع بیرونی، نیاز داشته باشند.

omoorepeyman.ir

۴-۲-۲-۲ شمعهای حفاری و تزریق شده

شمعهای حفاری و تزریق شده، در خاکهایی که بتوان یک سوراخ را با یا بدون گل حفاری باز نگه داشت، به کار برده می‌شوند. انواع آن عبارتند از:

۴-۲-۲-۲-۱ یک مرحله‌ای

برای شمع حفاری و تزریق شده یک مرحله‌ای، سوراخی با اندازه بزرگتر و تا عمق مورد نظر، حفاری می‌شود. سپس شمع به درون سوراخ فرو برده شده و فضای بین شمع و خاک با تزریق پر می‌شود. کاربرد این نوع شمعها فقط در خاکهایی است که می‌توانند سوراخ حفاری شده را به صورت پایدار، تا سطح زمین نگه دارند. به عنوان یک جایگزین، می‌توان از شمعهایی که در نوک دارای ابزار برش یک بار مصرف هستند استفاده نمود تا بتوان از اتلاف وقت برای خارج کردن سر مته و وارد کردن شمع، جلوگیری به عمل آورد.

۴-۲-۲-۲-۲ دو مرحله‌ای

این نوع شمع، شامل دو شمع هم‌مرکز تزریق شده است که تشکیل یک مقطع مرکب را می‌دهند. شمع اولیه تا ترازی رانده می‌شود که در زیر آن، بتوان یک سوراخ را باز نگه داشت. این شمع به عنوان غلاف برای عملیات بعدی که شامل حفاری در داخل آن تا عمق لازم برای شمع درونی است، مورد استفاده قرار می‌گیرد. سپس شمع درونی به پایین برده می‌شود و فضای خالی بین دو شمع و بین شمع درونی و خاک تزریق می‌شود. در شرایط معینی، سوراخ حفر شده در بالای عمق نفوذ لازم، متوقف گردیده و شمع درونی تا عمق مورد نظر کوبیده می‌شود. قطر سوراخ حفر شده باید حداقل ۱۵ سانتیمتر بزرگتر از قطر شمع باشد.

۴-۲-۲-۲-۳ شمعهای زنگوله‌ای

اجرای زنگوله در انتهای شمع، جهت افزایش ظرفیت باربری و ظرفیت کششی شمع است. این کار با گشاد کردن انتهای شمع انجام می‌پذیرد.

omoorepeyman.ir

حفاری زنگوله با استفاده از یک ابزار منبسط شونده انجام می‌گردد و زنگوله و شمع، توسط بتن مسلح تا ارتفاع مناسبی که بار بین شمع و زنگوله انتقال یابد پر می‌شوند. این دو برای انتقال بار توسط آرماتورهای سازه‌ای، تنگها و تاندونهای پیش‌تنیده، به هم متصل می‌شوند. انتقال بار از طریق بتن و انتقال بار بین زنگوله و شمع، بر اساس آیین‌نامه‌های بتن، طراحی و کنترل می‌گردند. در تمام حالتها، لازم است اطمینان حاصل شود که کیفیت زنگوله و ناحیه باربری مطلوب است.

۴-۳ طراحی شمع

۴-۳-۱ کلیات

طراحی شمعها با تعیین بار متحمل وارد بر هر یک از گروههای شمع مورد نیاز برای طراحی سکو و تعداد و آرایش شمعها در گروهها با قطرهای اجرایی آغاز می‌شود. در نظر گرفتن لایه‌بندی خاک و مشخصات چکشهای موجود، به تصمیم‌گیری در مورد قطر و ضخامت جداره، نفوذ مورد نیاز برای تحمل بارها و لوازم و روشهای شمع‌کوبی برای رسیدن به عمق نفوذ مورد نظر منجر می‌شود. رفتار غیر خطی خاک، می‌بایست توسط روش مناسبی تحلیل شود تا سازگاری بار را با جابه‌جایی بین سازه و خاک، تضمین نماید. جابه‌جایی و چرخش شمع و مجموعه شمع، باید در تمام مقاطع بحرانی نظیر بالای شمع، نقاط عطف خمش و تراز لجن کنترل شود. جابه‌جایی و چرخش نباید از حدود سرویس بیشتر شوند.

۴-۳-۲ میزان نفوذ شمع

میزان نفوذ شمع باید به حدی باشد که بتواند نیروی محوری فشاری و کششی را با ضریب اطمینان کافی تحمل نماید. ظرفیت باربری شمع، بر اساس معیارهای تعیین ظرفیت باربری مندرج در این آیین‌نامه و یا هر روش مناسب دیگری تعیین می‌گردد. ظرفیت باربری مجاز، از تقسیم ظرفیت باربری نهایی بر ضرایب اطمینان مناسب که نباید از مقادیر زیر کمتر باشند، به دست می‌آید.

omoorepeyman.ir

جدول ۴-۱

شریط بارگذاری	ضریب اطمینان
شرایط محیطی حدی به همراه بارهای حفاری	۱/۵
شریط محیطی عادی در زمان عملیات حفاری	۲
شرایط محیطی حدی به همراه بارهای مناسب مربوط به زمان تولید	۱/۵
شرایط محیطی عادی به همراه بارهای مناسب مربوط به زمان تولید	۲
شرایط محیطی حدی به همراه حداقل بارهای عرشه (شرایط برکنش)	۱/۵

۴-۳-۳ تحلیل قابلیت کوبش شمع

از تحلیل معادله موج، روشی برای تعیین توانایی چکشها برای کوبیدن شمعها در خاکهای مختلف و همچنین تنشهای ایجاد شده در شمعها در اثر کوبیدن، به دست می‌آید. این تحلیل باید برای تمام چکشهای موجود و با استفاده از مقادیر حدی پارامترهای خاک و در محدوده حداقل و حداکثر نفوذ تعیین شده از تحلیل استاتیکی خاکها انجام گردد. این تحلیلها در لایه‌های محدوده حفاری و جاهایی که مقاومت زیادی در برابر کوبیدن انتظار می‌رود، مانند لایه‌های ماسه‌ای متراکم انجام می‌شود.

تحلیل معادله موج، جایگزینی برای طراحی استاتیکی نفوذ شمعها نمی‌باشد. این روش تحلیل، ارزیابی بیشتری از خواص خاک و ارتباط ظرفیت باربری شمع در محدوده حداکثر و حداقل نفوذهای به دست آمده از تحلیل استاتیکی ارایه می‌دهد. در این تحلیل، توجه ویژه به تأثیر فشار آب حفره‌ای ضمن کوبش در خاکهای مختلف ضروری است. زایل شدن فشار آب حفره‌ای پس از کوبیدن، باعث افزایش زیادی در مقاومت برشی خاک می‌شود. از طرف دیگر، وقوع اتساع ناشی از شمع‌کوبی در لای‌ها و ماسه‌های متراکم، ممکن است باعث افزایش مقاومت موقت در برابر نفوذ گردد. بازگشت به فشار حفره‌ای نرمال، می‌تواند این مقاومت را کاهش دهد. در هر دو حالت فوق، کوبیدن شمعها بعد از یک وقفه می‌تواند باعث تشخیص کیفی این اثرات گردد.

omoorepeyman.ir

۴-۳-۴ روشهای طراحی

اطلاعات کمی از ظرفیت باربری نهایی شمعهای مورد استفاده در سکوها موجود است. در صورت عدم امکان انجام آزمایش بارگذاری شمع، استفاده از روشهای طراحی مختلف و مقایسه نتایج حاصله جهت تصمیم‌گیری نهایی ضروری است. هر روش دیگری که بر اساس مشاهدات تجربی باشد نیز قابل استفاده خواهد بود. انتخاب روش طراحی نهایی، بر مبنای قضاوت صحیح مهندس طراح و با توجه به کلیه محدودیتها و اطلاعات موجود صورت می‌گیرد.

۴-۳-۵ گروه شمع

بارهای سازه‌ها، اغلب توسط گروه شمع حمل می‌شوند. توانایی گروه شمع در ترکیب مقاومت شمعهای تکی، باید به صورت کارایی گروه در نظر گرفته شود. این عامل باید با در نظر گرفتن آرایش گروه، قطر شمعها، فاصله بین آنها و اثر آنها بر روی خاکهای بین و مجاور در حین بارگذاریهای محوری، کششی، چرخشی و جانبی محاسبه گردد. عوامل مختلفی می‌توانند در هر حالت بارگذاری دخیل گردند. حالت نشست تحت بار محوری، باید در محدودهٔ گروه شمع بارگذاری شده بررسی گردد. باید قابلیت خاک زیر نوک شمعها برای تحمل بار گروه، بدون تغییر شکلهای زیاد و گسیختگی در نظر گرفته شود. احتمال خروج از محور طراحی در طول عملیات نیز باید مورد بررسی قرار گیرد.

۴-۳-۶ آب‌شستگی

شسته شدن کف دریا بر ظرفیت و کارایی محوری و جانبی شمع، مؤثر می‌باشد. پیش‌بینی میزان آب‌شستگی، یک موضوع ناشناخته می‌باشد. مطالعات جابه‌جایی رسوبها، به تعریف معیار طراحی آب‌شستگی کمک می‌کنند، اما آزمایشهای محلی بهترین راهنما می‌باشند. عدم اطمینان در شرایط طراحی، به یک طراحی قوی یا یک رفتارنگاری دقیق نیاز دارد.

۴-۴ ظرفیت شمع برای بار محوری

ظرفیت باربری شمعها و شمعهای زنگوله‌ای، از رابطه زیر حاصل می‌شود:

omoorepeyman.ir

$$Q_d=Q_f+Q_p=fA_s+qA_p \quad (۵۳)$$

که در آن:

Q_f: مقاومت نهایی جداره

Q_P: مقاومت نهایی نوک

f: ضریب چسبندگی جداره در واحد سطح

A_s: مساحت جانبی شمع

q: ظرفیت باربری نوک در واحد سطح

A_p: سطح مقطع خالص نوک شمع

در شمعهای ته باز، Q_p نباید از ظرفیت ته‌گرفتگی داخلی که برابر با مجموع وزن مؤثر و اصطکاک جدارهٔ آن است، بیشتر باشد. توجه شود که در محاسبهٔ ظرفیت باربری شمع، اصطکاک جداره و میزان باربری نوک، به تغییر مکان شمع وابسته هستند و الزامی ندارد که ظرفیتها، به طور همزمان به میزان حداکثر خود برسند، اما در رابطه فوق، فرض بر آن است که اصطکاک جداره در طول شمع و ظرفیت نوک شمع، به طور همزمان به مقدار حداکثر خود رسیده‌اند.

◄ ۴-۴-۱ اصطکاک جداره و مقاومت نوک شمع در خاکهای چسبنده

برای شمعهای لوله‌ای در خاکهای چسبنده، اصطکاک جانبی **f** می‌تواند کوچکتر یا مساوی با مقاومت برشی زه‌کشی نشده خاک C_u باشد و مقدارآن از رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$f=\alpha C_u \quad (۵۴)$$

که در آن:

α: ضریب بدون بعد که از روابط زیر به دست می‌آید:

(۵۵) برای $\psi \leq ۱$ $\alpha=0.5\psi^{-0.5}$

برای $\psi > ۱$ $\alpha=0.5\psi^{-0.25}$

C_u: مقاومت برشی زه‌کشی نشده خاک در نقطه مورد نظر

به عنوان یک شرط محدود کننده، $\alpha \leq ۱$ در نظر گرفته می‌شود.

omoorepeyman.ir

در رابطه ۵۵:

$\psi=C_u/p'_0$: برای نقطه مورد نظر

p'_0: فشار سربار مؤثر در نقطه مورد نظر

برای خاکهای رسی تحکیم نیافته α برابر ۱ در نظر گرفته می‌شود. با توجه به کمبود آزمایشهای بارگذاری شمع، در خاکهایی که درآنها $C_u/P'_o>3$ باشد، استفاده از رابطه ۵۵ در خاکهایی که C_u/P'_o بالایی دارند، باید همراه با قضاوت مهندسی باشد. همچنین برای شمعهای بلند در خاکهای دارای مقاومت برشی زه‌کشی نشده بالا نیز که مقدار f به دست آمده از رابطه ۵۴ مقدار بالایی است، باید بر اساس قضاوت مهندسی عمل شود. در تعیین f در خاکهای رسی تحکیم نیافته، باید اثر دست‌خوردگی نیز در نظر گرفته شود. ظرفیت باربری نوک شمع q در خاکهای چسبنده، از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$q=9C_u \qquad (۵۶)$$

در رسهای حساس، این مقدار تا $5C_u$ کاهش می‌یابد.

اصطکاک جداره f، هم در داخل و هم در خارج شمع عمل می‌کند. مقاومت کل عبارت است از مجموع اصطکاک جدارهٔ خارجی شمع، مقاومت انتهای حلقوی جدارهٔ شمع و اصطکاک جدارهٔ داخلی شمع یا مقاومت انتهای ته‌گرفتگی، هر کدام که کمتر باشد. در شمعهایی که به صورت ته‌گرفته در نظر گرفته می‌شوند، می‌توان فرض نمود که فشار به کل سطح مقطع شمع وارد می‌شود. برای شمعهای با انتهای باز، فشار بر جداره اعمال می‌شود. تعیین نوع شمع از نظر بسته یا باز بودن انتهای آن، باید بر اساس محاسبات استاتیکی باشد. به عنوان مثال یک شمع می‌تواند در شرایط انتهای باز کوبیده شود، ولی تحت بارهای استاتیکی به صورت انتهای بسته عمل کند.

درمحاسبه f در شمعهای حفاری و تزریق شده، باید مقاومت مخلوط خاک و دوغاب و اثرات گل حفاری در نظر گرفته شوند. درخاکهای لایه‌ای، مقادیر اصطکاک جانبی f در لایه‌های چسبنده، مشابه رابطه ۵۴ است و مقاومت نوک شمع وقتی در لایه‌های چسبنده درگیر با لایه‌های ضعیف‌تر می‌باشد، از رابطه ۵۶ به دست می‌آید. استفاده از این رابطه با فرض این که شمع به اندازه ۲ تا ۳ برابر قطر آن در لایه مورد نظر فرو رفته باشد و نوک آن به اندازه ۳ برابر قطر شمع تا انتهای لایه فاصله داشته باشد، مجاز است. جایی که این فواصل رعایت نشوند، باید در مقاومت نهایی کف، اصلاحاتی صورت گیرد.

omoorepeyman.ir

جدول ۴-۲ مقادیر ϕ و δ در خاکهای مختلف

نوع خاک	دانسیته	زاویه اصطکاک بین شمع و خاک δ	مقادیر حدی اصطکاک جداره (بر حسب کیلو پاسکال)	N_q	مقادیر حدی مقاومت نوک (بر حسب مگاپاسکال)
ماسه ماسه–لای لای	بسیار سست سست متوسط	۱۵	۴۷/۸	۸	۱/۹
ماسه ماسه–لای لای	سست متوسط متراکم	۲۰	۶۷/۰	۱۲	۲/۹
ماسه ماسه–لای	متوسط متراکم	۲۵	۸۱/۳	۲۰	۴/۸
ماسه ماسه–لای	متراکم بسیار متراکم	۳۰	۹۵/۷	۴۰	۹/۶
شن ماسه	متراکم بسیار متراکم	۳۵	۱۱۴/۸	۵۰	۱۲/۰

پارامترهای آورده شده در این جدول، فقط به عنوان راهنما می‌باشند. هنگامی که اطلاعات جزئی مانند آزمایشهای نفوذ مخروط در محل، آزمایشهای مقاومتی بر روی نمونه‌های با کیفیت بالا، آزمایش مدلها، یا کارایی شمع‌کوبی در دسترس باشند، می‌توان از مقادیر دیگری استفاده نمود.

ماسه–لای، شامل خاکهایی است که هر دو نوع ماسه و لای را به مقدار قابل توجهی داشته باشند. مقادیر مقاومت، اغلب با افزایش میزان ماسه، افزایش پیدا کرده و با افزایش میزان لای، کاهش می‌یابند.

۴-۴-۲ اصطکاک جداره و مقاومت نوک در خاکهای غیر چسبنده

مقدار **f** برای خاکهای ماسه‌ای، از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$f=KP_0\tan\delta \qquad (۵۷)$$

که در آن:

omoorepeyman.ir

k: ضریب فشار جانبی خاک

P_o: فشار سربار مؤثر در نقطه مورد نظر

δ: زاویه اصطکاک بین خاک و جدار شمع

اغلب برای شمعهای دارای انتهای باز، در هر دو حالت بارهای فشاری و کششی، **K** برابر ۰/۸ در نظر گرفته می‌شود. مقادیر **K** برای شمعهای دارای جابه‌جایی کامل (ته‌گرفته یا انتهای بسته) را می‌توان برابر با ۱/۰ در نظر گرفت.

جدول ۴-۲ مثالهایی از مقادیر استفاده شده برای شمعهای کوبیدنی، در خاکهای نیمه متراکم تا متراکم از مصالح سیلیکاتی را ارایه می‌دهد. برای محاسبه باربری نوک شمعها در خاکهای غیر چسبنده **q** از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$q=P_0N_q \qquad (۵۸)$$

که در آن:

P_o: فشار سربار مؤثر در نوک شمع

N_q: ضریب ظرفیت باربری بدون بعد

در محاسبات فوق، روش کوبش باید مورد توجه قرار گیرد، زیرا روشهای مختلف حفاری و استفاده از جت‌آب، مقادیر ذکر شده را کاهش می‌دهند. برای خاکهایی که در دامنه مقادیر جدول قرار نمی‌گیرند، نمی‌توان از جدول استفاده نمود. سیلت بسیار سست یا خاکهایی که دارای مقادیر زیادی میکا یا دانه‌های آتشفشانی هستند، ممکن است که به آزمایشهای آزمایشگاهی یا آزمایش در محل نیاز داشته باشند.

به ویژه خاکهایی که دارای کربنات کلسیم هستند و در دریا هم زیاد یافت می‌شوند، دارای پارامترهای بسیار کمتری می‌باشند. شمعهای حفر شده در ماسه‌های کربناته، ظرفیت بالاتری از شمعهای کوبیدنی دارند و در محیطهای کربناته، زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرند. خصوصیات خاکهای کربناته، بسیار متغیر بوده و آزمایش در محل باید پارامترها را دیکته کند. به عنوان مثال، ظرفیت در خاکهای کربناته با دانسیته بیشتر و درصد کوارتز بیشتر، افزایش خواهد یافت. کربناته شدن، ظرفیت باربری را افزایش می‌دهد ولی در صورت نبود فشار جانبی، ظرفیت اصطکاکی را کاهش می‌دهد.

omoorepeyman.ir

۴-۴-۳ مقاومت اصطکاکی و نوک در شمعهای تزریق شده در سنگ

مقاومت اصطکاکی در شمعهایی که در سنگ تزریق می‌شوند، نباید بیشتر از مقاومت برشی سه‌محوری سنگ باشد، ولی به طور کلی (بسته به میزان کاهش مقاومت برشی در حال اجرا)، نسبت به مقدار فوق بسیار کمتر است. به عنوان مثال، مقاومت برشی شیل، به میزان قابل توجهی در اثر تماس با آب کاهش می‌یابد. دیواره سوراخ حفاری شده، یک لایه از گل یا رس خیس ایجاد می‌کند که مقاومت آن هرگز به مقاومت سنگ نمی‌رسد. میزان مجاز آن، تنش چسبندگی بین شمع فولادی و دوغاب است. مقاومت نوک شمعهای تزریق شده در سنگ، از مقاومت برشی سه‌محوری سنگ حاصل می‌شود. ظرفیت باربری نهایی، بر اساس قضاوت مهندسی تعیین می‌گردد ولی کمتر از ۹/۵۸ مگاپاسکال، در نظر گرفته می‌شود.

۴-۴-۴ ظرفیت باربری برای نیروی محوری کششی

ظرفیت باربری کششی شمع، مساوی و یا کوچکتر از $\mathbf{Q_f}$ (مقاومت کلی اصطکاکی جداره) می‌باشد. وزن مؤثر شمع شامل فشار برخاست هیدرواستاتیکی و وزن ته‌گرفتگی، باید در تحلیل برای تعیین نیروی کششی در نظر گرفته شود.

f برای رسها، بر اساس بند ۴-۴-۱، برای ماسه و سیلت، بر اساس بند ۴-۴-۲ و برای سنگ نیز از بند ۴-۴-۳ محاسبه می‌شود. ظرفیت کششی مجاز شمع، باید با اعمال ضریب اطمینان ۱/۵ در نظر گرفته شود.

شمعهایی که تحت یک بار کششی دایمی قرار می‌گیرند، مانند آنهایی که برای مهار کردن یک سازه شناور لازم هستند، تحت نوسان قابل توجهی در بارهای محوری و جانبی قرار می‌گیرند. در این حالت، باید به کاهش ظرفیت کششی در اثر ایجاد فشار حفره‌ای ناشی از بارهای نوسانی، توجه خاصی مبذول شود. به طور کلی باید ضرایب اطمینان بزرگتری در مقایسه با شمعهای تحت بار فشاری دایمی، به این شمعها اعمال کرد.

omoorepeyman.ir

۴-۵ عملکرد محوری شمع

۴-۵-۱ رفتار استاتیکی نیروی جابه‌جایی

جابه‌جایی محوری شمع باید در محدودهٔ قابل قبولی قرار داشته و با نیروها و جابه‌جایی‌های سازه مطابقت داشته باشد. پاسخ شمع تحت تأثیر جهت بارگذاری، نوع بار، نرخ بار، روش اعمال بار، نوع خاک، سختی محوری شمع و دیگر پارامترها قرار دارد. تأثیر بعضی از این عوامل برای خاکهای چسبنده، در آزمایشگاه و کارگاه مورد بررسی قرار گرفته‌اند. برای خاکهای نرم شونده و در حالتی که شمعها انعطاف‌پذیر هستند، ظرفیت حقیقی شمع از مقدار حاصل از رابطه ۵۳، کمتر می‌باشد. در این حالت، باید این اثرات را روی ظرفیت باربری نهایی مشخص نمود. لازم است عوامل دیگری نظیر افزایش ظرفیت باربری را تحت بارگذاریهایی که با امواج شدید همراه است، علاوه بر اثرات فوق در نظر گرفت.

۴-۵-۲ پاسخ سیکلی

بارگذاریهای غیر معمول یا محدودیتهایی که روی عمق شمع وجود دارند، در نظر گرفتن جزئیات تأثیر بارگذاری سیکلی را توجیه می‌نمایند. بارهای سیکلی با شرایط محیطی نظیر امواج و زلزله، اثرات کاهنده‌ای روی ظرفیت محوری استاتیکی دارند. بارهای تکرار شونده می‌توانند باعث کاهش موقت یا دایمی در باربری یا افزایش جابه‌جایی شوند. اعمال بارهای سریع باعث افزایش باربری و یا سختی شمع می‌شود و اعمال بارها به صورت کند، باعث کاهش باربری و یا سختی شمع می‌گردد. اثر بارهای سیکلی تابعی از اثرات تعداد سیکلها، نرخ بار اعمال شده، خصوصیات سازه‌ای شمع، نوع خاک و ضریب اطمینان استفاده شده در شمعها می‌باشد.

عمق نفوذ باید به حد کافی باشد که ظرفیت باربری مؤثر مناسبی را به دست دهد تا بتواند بارهای استاتیکی و سیکلی طراحی را طبق بند ۴-۳-۴، تحمل نماید. میزان نفوذ شمع را می‌توان از تحلیل پاسخ سیستم شمع – خاک در برابر بارهای استاتیکی و سیکلی، به دست آورد.

omoorepeyman.ir

۴-۵-۳ تحلیل پاسخ کلی شمع

زمانی که در تحلیل پاسخ شمع، اثرات فوق به طور مجزا در نظر گرفته شوند، بار استاتیکی و سیکلی طرح شده را می‌بایست در بالای شمع اعمال کرد و تغییرات مقاومت خاک را بر حسب جابه‌جایی آن، محاسبه نمود. برای این کار باید بیشترین مقاومت و جابه‌جایی را تعیین کرد.

جابه‌جایی شمع باید نیازهای کارایی سازه را تأمین نماید. مقاومت کلی شمع پس از اعمال بارهای طراحی، باید با موارد ذکر شده در بند ۴-۳-۲ مطابقت داشته باشد.

۴-۶ عکس‌العمل خاک برای شمعهای با بار محوری

۴-۶-۱ کلیات

شالوده شمعی، باید برای تحمل بارهای محوری و سیکلی طراحی گردد. مقاومت محوری خاک بر اساس ترکیبی از چسبندگی بین خاک و شمع یا انتقال بار در طول جداره‌های شمع و مقاومت نوک شمع تأمین می‌شود. رابطه بین انتقال برش بسیج شده میان خاک و شمع و جابه‌جایی موضعی شمع در هر عمق، توسط منحنی **t-Z** بیان می‌شود. همچنین رابطه بین مقاومت انتهایی بسیج شده شمع و جابه‌جایی محوری نوک شمع، با استفاده از منحنی **Q-Z** بیان می‌گردد.

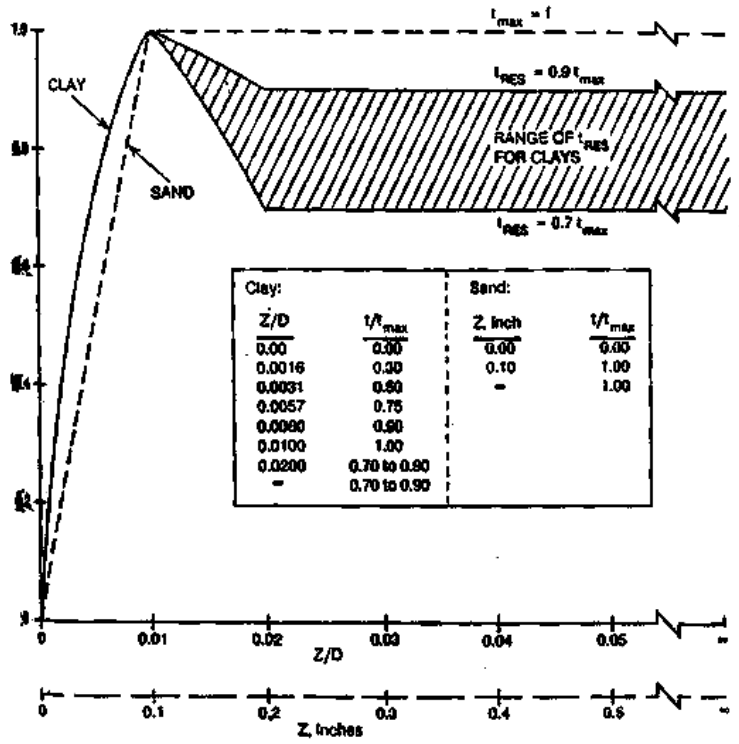
۴-۶-۲ منحنیهای انتقال بار محوری (t-Z)

روشهای تجربی و تئوری متفاوتی برای ترسیم منحنیهای انتقال بار محوری و جابه‌جایی شمع (**t-Z**) وجود دارند. در صورت عدم وجود شرایط قطعی، منحنی شکل ۴-۱ برای خاکهای غیر کربناته پیشنهاد می‌گردد.

شکل منحنی در جابه‌جایی‌های بزرگتر از $\mathbf{Z_{max}}$ را باید به طور دقیق مورد نظر قرار داد. مقادیر نسبت چسبندگی پسماند $\frac{\mathbf{t_{res}}}{\mathbf{t_{max}}}$ در جابه‌جایی محوری شمع که در آن $\mathbf{Z_{res}}$ اتفاق می‌افتد، تابعی از رفتار تنش و کرنش، تاریخچه تنش، روش نصب شمع، توالی اعمال بار و عوامل دیگر می‌باشد. دامنه تغییرات $\frac{\mathbf{t_{res}}}{\mathbf{t_{max}}}$

omoorepeyman.ir

بین ۰/۹-۰/۷ می‌باشد. آزمایشهای محلی و آزمایشگاهی، اطلاعات با ارزشی را برای تعیین مقادیر $\frac{t_{res}}{t_{max}}$ و Z_{max} برای خاکهای مختلف، ارایه می‌کنند.



شکل ۴-۱ منحنیهای تیپ انتقال بار محوری - جابه‌جایی شمعها

Z: جابه‌جایی موضعی شمع

D: قطر شمع

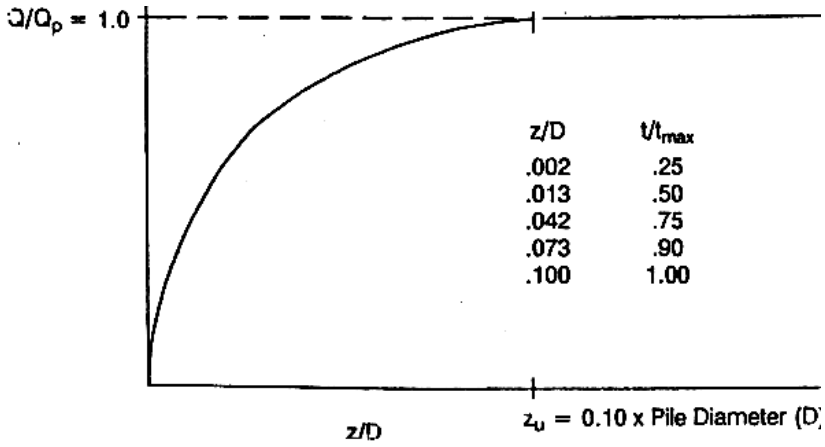
t: چسبندگی بسیج شده میان شمع و خاک

t_{max}: حداکثر چسبندگی بین شمع و خاک یا ظرفیت اصطکاک جانبی واحد، با توجه به تعریف بند ۴-۴

omoorepeyman.ir

۴-۶-۳ منحنی بار بر حسب جابه‌جایی نوک شمع (Q-Z)

مقاومت انتهایی شمع، باید بر اساس آنچه در بندهای ۴-۴-۲ و ۴-۴-۳ آمده است، طراحی شوند. جابه‌جایی‌های نسبی بزرگ نوک شمع، برای دستیابی کامل به مقاومت نهایی کف لازم است. یک جابه‌جایی برای نوک تا (۱۰٪) قطر شمع در خاکهای رسی و ماسه‌ای، برای رسیدن به مقاومت کامل لازم است. در صورت عدم دسترسی به معیارهای دقیق‌تر، از شکل ۴-۲، برای رس و هم برای ماسه استفاده می‌شود.



شکل ۴-۲ منحنی جابه‌جایی - مقاومت نوک شمع

z: جابه‌جایی نوک شمع بر حسب اینچ (میلیمتر)

D: قطر شمع بر حسب اینچ (میلیمتر)

Q: ظرفیت باربری بسیج شده نوک بر حسب پوند (کیلو نیوتن) محاسبه شده با توجه به بند ۴-۴

۴-۷ عکس‌العمل خاک برای شمعهای با بار جانبی

۴-۷-۱ کلیات

شمعها باید طوری طراحی شوند که بتوانند بارهای جانبی دایمی در حالت استاتیکی یا دینامیکی را تحمل کنند و همچنین، باید اضافه بار را با ضریب اطمینان کافی روی شالوده سکو در نظر گرفت. طراح

omoorepeyman.ir

باید مطمئن شود که خاک تحت این بار گسیخته نمی‌شود و مقاومت جانبی خاک در نزدیکی سطح زمین کافی بوده و اثرات آب‌شستگی و دست‌خوردگی در حین اجرا، در نظر گرفته شده است. به طور کلی، رسها تحت بار جانبی مانند یک ماده پلاستیک عمل می‌کنند. این رفتار ایجاب می‌کند که تغییر شکل شمع و خاک، تابع مقاومت خاک باشد. برای تسهیل این فرایند باید منحنی مقاومت جانبی بر حسب جابه‌جایی **P-y** با استفاده از داده‌های تنش و کرنش به دست آمده از آزمایش نمونه‌های خاک، ترسیم شود. محور افقی منحنی، مقاومت شمع **P** و محور قائم **y** می‌باشند. با تکرار این مراحل، یک مجموعه از مقادیر نیرو بر حسب جابه‌جایی، برای سیستم شمع و خاک حاصل خواهد شد. در صورت عدم دستیابی به اطلاعات بیشتر، از مطالب بندهای ۴-۷-۲ و ۴-۷-۳ استفاده می‌شود.

◄ ۴-۷-۲ ظرفیت باربری جانبی برای رس نرم

برای بارهای جانبی استاتیکی ظرفیت رس نرم P_u بین $8C_u$ و $12C_u$ تغییر می‌کند. البته بجز در اعماق کم که گسیختگی در حالتهای مختلف، بر اثر کوچک بودن فشار سربار اتفاق می‌افتد، بارهای سیکلی باعث از بین رفتن ظرفیت باربری جانبی و به تبع آن، ظرفیت باربری استاتیکی می‌شوند. در صورت عدم دسترسی به اطلاعات بیشتر، روابط زیر پیشنهاد می‌شوند.

با افزایش **X** از ۰ تا X_R، P_u طبق رابطهٔ زیر از $3C_u$ تا $9C_u$ افزایش می‌یابد.

$$P_u = 3C_u + \gamma X + J\frac{C_u X}{D} \qquad (۵۹)$$

$$P_u = 9C_u \quad \text{برای } X \geq X_R \qquad (۶۰)$$

که در آن:

P_u: مقاومت نهایی

C_u: مقاومت زه‌کشی نشده خاک دست نخورده

D: قطر شمع

γ: وزن واحد حجم مؤثر

J: ثابت تجربی

X: عمق زیر سطح خاک

omoorepeyman.ir

X_R: عمق زیر سطح خاک تا ناحیه مقاومت کاهش یافته

در حالتی که مقاومت با عمق ثابت بماند، از حل همزمان روابط ۵۹ و ۶۰، رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$XR = \frac{6D}{\frac{\gamma D}{C_u} + J} \qquad (۶۱)$$

در جایی که مقاومت با عمق تغییر می‌یابد، معادلات ۵۹ و ۶۰، با ترسیم کردن دو معادله به دست می‌آیند (یعنی P_u بر حسب عمق). اولین نقطه تماس دو منحنی X_R است. این روابط تجربی وقتی که تغییرات مقاومت نامنظم است، به کار برده نمی‌شوند. به طور کلی، مقادیر حداقل X_R، باید حدود ۲/۵ برابر قطر شمع باشند.

۴-۷-۳ منحنیهای بار بر حسب جابه‌جایی (p-y) برای رس نرم

روابط مقاومت بر حسب جابه‌جایی در رسها، اغلب به صورت غیر خطی است. منحنیهای (p-y) برای بارهای استاتیکی کوتاه مدت، از جدول ۴-۳ حاصل می‌شود.

جدول ۴-۳

$\frac{p}{p_u}$	$\frac{y}{y_c}$
۰	۰
۰/۵	۱/۰۰
۰/۷۲	۳/۰
۱/۰	۸/۰
۱/۰	∞

که در آن:

p: مقاومت جانبی واقعی

y: جابه‌جایی واقعی جانبی

y_c: برابر $2/5\varepsilon_c D$ بر حسب میلیمتر

omoorepeyman.ir

ε_c: کرنش حداکثر به دست آمده در نصف تنش حداکثر در آزمایش فشاری زه‌کشی نشده بر روی نمونه خاک دست نخورده

برای حالتی که تعادل در شرایط بارگذاری سیکلی ایجاد شده باشد، منحنیهای **p-y** از جدول زیر تهیه می‌شوند.

جدول ۴-۴

$X<X_R$		$X>X_R$	
$\frac{y}{y_c}$	$\frac{p}{p_u}$	$\frac{y}{y_c}$	$\frac{p}{p_u}$
۰	۰	۰	۰
۱/۰	۰/۵	۱/۰	۰/۵
۳/۰	۰/۷۲	۳/۰	۰/۷۲
۱۵/۰	$۰/۷۲\frac{X}{X_R}$	∞	۰/۷۲
∞	$۰/۷۲\frac{X}{X_R}$		

◄ ۴-۷-۴ مقاومت جانبی رسهای سخت

برای بارهای استاتیکی جانبی، ظرفیت باربری نهایی P_u رسهای سخت (C_u>۹۶ کیلو پاسکال) مانند رسهای نرم بین $8C_u$ و $12C_u$ تغییر می‌کند. در اثر اعمال بارهای سیکلی، مقاومت به حد قابل توجهی کاهش می‌یابد که این موضوع نیز باید در طراحی سیکلی، مد نظر قرار گیرد.

◄ ۴-۷-۵ منحنی بار بر حسب جابه‌جایی (p-y) برای رسهای سخت

در حالی که رسهای سخت رفتار تنش و کرنش غیر خطی دارند، نسبت به رسهای نرم خیلی شکننده‌تر هستند. در زمان تهیه منحنی تنش و کرنش و در پی آن منحنی **p-y** برای بارهای سیکلی، قضاوت صحیحی که کاهش سریع ظرفیت باربری را در جابه‌جایی‌های بزرگ نشان دهد لازم است.

omoorepeyman.ir

۴-۷-۶ ظرفیت باربری جانبی ماسه

ظرفیت باربری نهایی ماسه، از یک مقدار در اعماق کم که از رابطه ۶۲ حاصل می‌شود، شروع شده و در اعماق زیاد به مقدار حاصل از رابطه ۶۳ می‌رسد. در یک عمق مشخص، کوچکترین مقدار P_u به عنوان ظرفیت باربری نهایی، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

$$P_{us}=(C_1H+C_2D)\gamma H \quad (۶۲)$$

$$P_{ud}=C_3D\gamma H \quad (۶۳)$$

که در آن:

P_u: مقاومت نهایی بر حسب نیرو بر واحد طول

γ: وزن مؤثر خاک بر حسب کیلو نیوتن بر متر مکعب

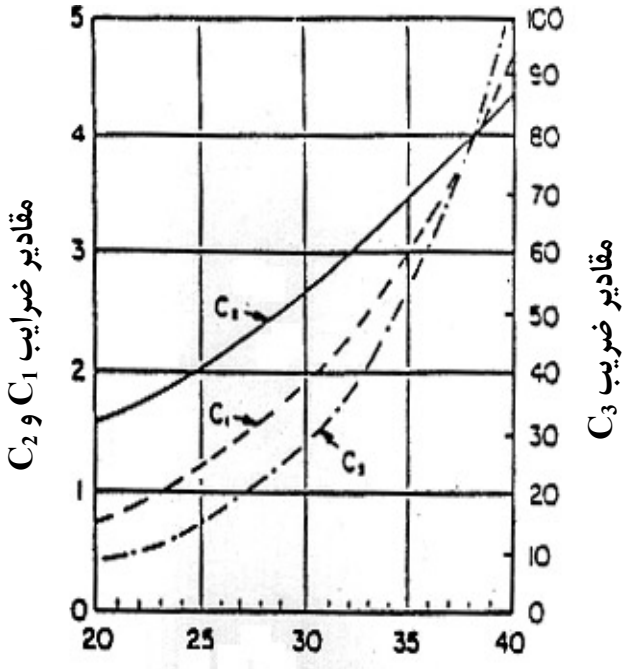
H: عمق بر حسب متر

ϕ': زاویه اصطکاک داخلی ماسه (درجه)

C_1، C_2 و C_3: ضرایب محاسبه شده از شکل ۴-۳ و تابعی از ϕ'

D: قطر متوسط شمع از سطح زمین تا عمق بر حسب متر

omoorepeyman.ir



شکل ۴-۳ ضرایب C_1، C_2 و C_3

۴-۷-۷ منحنی p-y برای ماسه

رابطه **p-y** برای ماسه، غیر خطی است و در صورت عدم دسترسی به اطلاعات بیشتر، از رابطه زیر برای هر عمق **h** استفاده می‌گردد.

$$P = A P_u \tanh\left(\frac{kH}{AP_u} y\right) \qquad (۶۴)$$

A: ضریب شرایط بار سیکلی یا استاتیکی می‌باشد که از روابط زیر به دست می‌آید.

برای بار استاتیکی:

$$A = 3.0 - 0.8\frac{H}{D} \geq 0.9$$

برای بار سیکلی:

$A=0.9$

omoorepeyman.ir

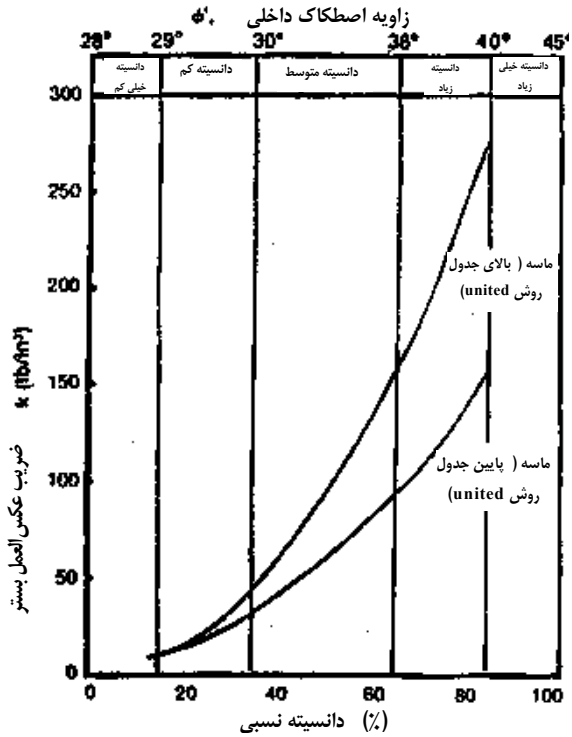
که در روابط اخیر:

P_u: ظرفیت باربری در عمق **H**

k: ضریب عکس‌العمل بستر که طبق شکل ۴-۴، به صورت تابعی از زاویه اصطکاک داخلی ϕ' می‌باشد.

y: جابه‌جایی جانبی

H: عمق



شکل ۴-۴ ضرایب بستر

omoorepeyman.ir

۴-۸ عملکرد گروه شمع

۴-۸-۱ کلیات

اثرات شمعهایی که با فاصله نزدیک اجرا می‌شوند را باید روی خصوصیات بار به همراه جابه‌جایی گروه شمع، بررسی کرد. به طور کلی برای شمعهایی که در فواصل کمتر از ۸ برابر قطر شمع کنار هم قرار می‌گیرند، اثرات گروه باید در نظر گرفته شود.

۴-۸-۲ رفتار محوری گروه شمع

برای شمعهایی که در رس قرار می‌گیرند، مقاومت گروه شمع از مقاومت یک شمع که در تعداد کل شمعها ضرب می‌شود، کمتر است ولی در ماسه‌ها، ممکن است مقاومت گروه شمعها از مجموع مقاومت شمعها بیشتر شود. جابه‌جایی گروه شمع نیز چه در رس و چه در ماسه، اغلب بیشتر از جابه‌جایی یک شمع تنها است که تحت بار متوسط گروه قرار گرفته باشد. به طور کلی، اثرات گروه شمع به هندسه و میزان نفوذ شمعها بستگی دارد.

۴-۸-۳ رفتار جانبی گروه شمع

برای شمعهایی که دارای شرایط گیرداری مشابهی بوده و همگی در خاک چسبنده و یا غیر چسبنده قرار گرفته باشند، گروه شمع جابه‌جایی جانبی بیشتری دارد نسبت به یک شمع با بار متوسط، که به گروه وارد می‌شود. عوامل اصلی که در روی جابه‌جایی و توزیع بار در طول شمعها تأثیر دارند، شامل موارد زیر می‌باشند:

الف: فواصل شمعها

ب: نسبت میزان نفوذ به قطر شمعها

ج: انعطاف‌پذیری شمع نسبت به خاک

د: ابعاد گروه

هـ: اختلاف در مقاومت برشی و مدول سختی خاک در اعماق مختلف

omoorepeyman.ir

۴-۸-۴ سختی گروه شمع و دینامیک سازه

وقتی مشخص شد که رفتار دینامیکی سازه به سختی شالوده حساس می‌باشد، لازم است تحلیل پارامتری نظیر آنچه در بند ۴-۸-۳ آمده، انجام پذیرد تا سختی عمودی و جانبی شالوده، برای استفاده در تحلیل دینامیکی سازه محدود گردد.

۴-۹ ضخامت جداره شمع

۴-۹-۱ کلیات

ضخامت جداره شمع ممکن است در طول آن تغییر یابد و در یک نقطه خاص با شرایط بارگذاری که در زیر توضیح داده شده است، کنترل گردد.

۴-۹-۲ تنشهای مجاز شمع

باید با تحلیلی منطقی بر اساس محدودیتهایی که از طرف سازه و خاک بر شمع وارد می‌شود، تنش مجاز را برای قسمتهایی از شمع که به طور جانبی توسط خاک مهار نشده‌اند، به دست آورد. به طور کلی، لازم نیست کمانش قسمتی از شمع که زیر بستر واقع شده، در نظر گرفته شود، مگر فرض شود که شمع به علت کم بودن شدید مقاومت برشی خاک، جابه‌جایی زیاد یا دلایل دیگر، به صورت جانبی مهار نشده است.

۴-۹-۳ تنشهای طراحی شمع

ضخامت دیواره شمع در نزدیکی تراز بستر و دیگر نقاط، اغلب توسط بار محوری و لنگر خمشی ناشی از بارهای طراحی اعمال شده بر سکو کنترل می‌گردد. منحنی لنگر خمشی شمع، با استفاده از عکس‌العمل خاک، با توجه به بند ۴-۷ و با در نظر گرفتن جابه‌جایی احتمالی خاک در اثر آب‌شستگی به دست می‌آید.

فرض می‌شود بار محوری با نرخی معادل چسبندگی نهایی بین خاک و شمع و با تقسیم بر ضریب اطمینان مناسب با توجه به بند ۴-۳-۲، توسط خاک از روی شمع برداشته می‌شود. اگر تغییر شکل جانبی

omoorepeyman.ir

ناشی از بار سیکلی در نزدیکی بستر به طور نسبی زیاد باشد (بیش از γ_c تعریف شده در بند ۴-۷-۳)، باید چسبندگی خاک و شمع در این ناحیه، کاهش یافته یا از آن صرف نظر گردد.

۴-۹-۴ تنش ناشی از وزن چکش در زمان نصب

هر شمع یا مقطع هدایت کننده‌ای که چکش روی آن قرار می‌گیرد، باید در برابر تنشهای ناشی از چکش کنترل شود. بارهای مذکور، بخصوص در حالتهایی که شمع در یک شیب کوبیده یا حفر شود، عوامل محدود کننده‌ای برای تعیین طول هر قسمت هستند. بیشترین اثرات شامل خمش استاتیکی و بارهای محوری و جانبی در زمان قرارگیری اولیه چکش می‌باشد. تجربه نشان داده است که محافظت دیواره شمع از گسیختگی در اثر بارهای فوق، در صورتی تأمین می‌گردد که تنشهای استاتیکی به صورت زیر محاسبه گردند:

الف: شمع به عنوان یک ستون آزاد با کمترین ضریب طول مؤثر K برابر با ۲/۱ و کمترین ضریب کاهنده C_m برابر با ۱ در نظر گرفته شود.

ب: لنگرهای خمشی و بارهای محوری، باید با استفاده از کل وزن چکش، شمع‌کوب، کلاهک و جفت شمع‌کوبی که در مرکز جرم آنها اثر می‌کند، محاسبه گردند. در ضمن لنگر خمشی نباید از لنگر (۲٪) مجموع وزن چکش، کلاهک و جفت شمع‌کوبی که در بالای شمع و عمود بر محور اعمال می‌شود، کمتر باشد.

ج: تنشهای مجاز در شمع، بر اساس مفاد بندهای ۳-۲ و ۳-۳ محاسبه می‌شوند. در این حالت افزایش (۳۳٪) در تنشهای مجاز قابل استفاده نیست.

۴-۹-۵ تنشهای زمان شمع‌کوبی

تنشهای به وجود آمده در قسمت آزاد شمع در حین کوبیدن، نیاز به بررسی دارند. مجموع تنشهای ناشی از ضربه چکش (تنش دینامیکی) و تنشهای ناشی از بار محوری و لنگر خمشی (تنش استاتیکی)، نباید از حداقل تنش تسلیم فولاد بیشتر شود. یک روش تحلیل بر اساس تئوری پخش موج برای به دست آوردن تنش دینامیکی لازم است. به طور کلی ممکن است فرض شود که کمانش ستون تحت اثر

omoorepeyman.ir

قسمت دینامیکی نیروهای به وجود آمده اتفاق نخواهد افتاد. تنش دینامیکی نباید از (۹۰٪-۸۰٪) تنش تسلیم فولاد بیشتر شود و آن هم به مواردی نظیر موقعیت تنش حداکثر در مجاورت شمع، تعداد ضربات، تجربیات قبلی با ترکیب شمع و چکش و تراز قابل اطمینان در تحلیل بستگی دارد.

وقتی تنش قابل توجهی از کوبیدن شمع به سازه منتقل می‌شود، تصورات مختلفی مد نظر قرار می‌گیرد و باید از ایجاد خرابی جلوگیری شود. تنش استاتیکی کوبش، برابر است با تنش ناشی از وزن شمع در بالای نقطه تراز به علاوه اجزای چکش شمع‌کوب که توسط شمع در زمان اعمال ضربه تحمل می‌شود که البته، شامل تنشهای خمشی ناشی از آنها نیز می‌شود. محاسبه تنش استاتیکی مجاز، طبق مفاد بندهای ۳-۲ و ۳-۳ صورت می‌گیرد و اعمال ۱/۳ افزایش تنش، مجاز نیست.

چکشهایی که در طول اجرا مورد استفاده قرار می‌گیرند، باید توسط طراح معرفی شوند. در صورت استفاده از چکش هیدرولیکی، ممکن است که انرژی چکش از انرژی اسمی بیشتر شده و این امر باید در تحلیل، مورد نظر قرار گیرد. در ضمن تنشهای استاتیکی ناشی از چکشهای هیدرولیکی (به عنوان مثال، در شمعهای عمودی بدون مهار جانبی که در معرض نیروهای محیطی قرار می‌گیرند)، باید به دلیل تغییرات احتمالی در ساختار کوبش، با دقت کافی محاسبه شوند.

۴-۹-۶ ضخامت حداقل جداره

نسبت **D/t** کل طول شمع، باید به حد کافی کوچک باشد تا از کمانش موضعی در تنشهای کمتر از مقاومت تسلیم شدن مصالح شمع، جلوگیری شود. باید به حالتهای مختلف بارگذاری در طی اجرا و زمان سرویس دهی توجه کافی مبذول شود. برای شرایط سرویس یا در مواقعی که کوبش شمع به صورت نرمال انجام می‌پذیرد و یا اجرا توسط کوبش انجام نمی‌شود، باید محدودیتهایی را برای رسیدن به مشخصات کمتر، مورد نظر قرار داد. وقتی شمعها توسط کوبیدن اجرا می‌شوند و کوبش به سختی انجام می‌پذیرد (۸۲۰ ضربه در هر متر با بزرگترین اندازه چکش)، حداقل ضخامت جداره نباید از مقدار حاصل از رابطه زیر کمتر باشد.

$$t = 6.35 + \frac{D}{100} \qquad (۶۵)$$

که در آن:

omoorepeyman.ir

t: ضخامت جداره بر حسب میلیمتر

D: قطر بر حسب میلیمتر

در جدول ۴-۵، ضخامت حداقل دیواره شمعهای معمولی آورده شده است.

جدول ۴-۵ ضخامت حداقل جداره شمع

ضخامت اسمی جداره t		قطر شمع D	
میلیمتر	اینچ	میلیمتر	اینچ
۱۳	۱/۲	۶۱۰	۲۴
۱۴	۹/۱۶	۷۶۲	۳۰
۱۶	۵/۸	۹۱۴	۳۶
۱۷	۱۱/۱۶	۱۰۶۷	۴۲
۱۹	۳/۴	۱۲۱۹	۴۸
۲۲	۷/۸	۱۵۲۴	۶۰
۲۵	۱	۱۸۲۹	۷۲
۲۸	۱ ۱/۸	۲۱۳۴	۸۴
۳۱	۱ ۱/۴	۲۴۳۸	۹۶
۳۴	۱ ۳/۸	۲۷۴۳	۱۰۸
۳۷	۱ ۱/۲	۳۰۴۸	۱۲۰

در صورتی که تجربیات قبلی یا تحلیلهای دقیق، نشان دهند که شمع در حین اجرا آسیب نخواهد دید، نسبت **D/t** با فرض شرایط کوبش سخت، قابل افزایش است.

omoorepeyman.ir

۴-۹-۷ رواداری مجاز کوبش

در شمعهایی که در تراز لجن دارای مقاطع ضخیمی می‌باشند، باید از طول اضافی از جداره‌های مقاوم شده در نزدیکی بستر استفاده شود تا در صورت عدم رسیدن شمع به عمق نفوذ طراحی شده، تنشهای بیش از حد در این نقاط وجود نداشته باشند. میزان قابل قبول کوبش تا عمق کمتر، بستگی به میزان عدم اطمینان از رسیدن به عمق نفوذ مورد نظر دارد. در حالتی که در عمق نفوذ طراحی با لایه باربر برخورد نشود، باید شرایطی مشابه حالت قبل، جهت کوبیدن بیش از حد شمع در نظر گرفته شود.

۴-۹-۸ کفشکها

هدف از اجرای کفشک، کمک به شمع می‌باشد تا در لایه‌های سخت نفوذ کند و یا با کاهش مقاومت کوبش، امکان دستیابی به عمق نفوذ بیشتری فراهم گردد. اگر از یک کفشک داخلی استفاده شود که در لایه سخت نفوذ نماید، باید طوری طراحی شود که تنشهای غیر قابل قبول ناشی از کوبش در بالای نقطه انتقال بین مقاطع عادی و ضخیم ایجاد نشود. در ضمن باید بررسی شود که کفشک، باعث کاهش ظرفیت باربری انتهایی ته‌گرفتگی خاک از مقدار در نظر گرفته شده در طراحی، نشود. کفشکهای خارجی، چون اصطکاک را در طول شمع کم می‌کنند، مورد استفاده قرار نمی‌گیرند.

۴-۹-۹ کلاهک

هر کلاهکی که در بالای شمع توسط پیمانکار اجرا می‌شود، باید با مراحل و وسایل اجرا سازگار باشد.

۴-۱۰ طول مقاطع شمع

در انتخاب طول شمع، موارد زیر را باید در نظر گرفت:

۱- ظرفیت جرثقیل که شمع را جابه‌جا می‌کند.

۲- ظرفیت ابزاری که چکش را روی مقطع قرار می‌دهد.

۳- امکان جابه‌جایی فوری شمع به مقدار زیاد، بلافاصله پس از نفوذ یک پایهٔ جکت.

۴- تنشهای به وجود آمده در شمع، حین بالا بردن.

omoorepeyman.ir

۵- ضخامت جداره و خصوصیات مصالح جوشهای کارگاهی.

۶- اجتناب از ایجاد اختلال و مزاحمت در عملیات کوبیدن همزمان شمعهای مجاور.

۷- نوع خاکی که نوک شمع در زمان جوش دادن مقطع جدید در آن قرار دارد.

در ضمن تنشهای استاتیکی و دینامیکی مربوط به وزن چکش، باید طبق بندهای ۴-۹-۴ و ۴-۹-۵ در نظر گرفته شوند.

هر مقطع شمع مورد استفاده، باید دارای طول اضافه باشد تا بتوان قسمتهایی را که در اثر ضربه چکش شمع‌کوبی از بین رفته‌اند، حذف کرد. مقدار قابل قبول، ۱-۰/۵ متر به ازای هر مقطع می‌باشد. برشی که برای جدا کردن قسمتهای خراب شده انجام می‌شود، باید در صورت امکان در یک تراز مناسب صورت پذیرد.

۴-۱۱ شالوده‌های کم‌عمق

شالوده‌های کم‌عمق، شالوده‌هایی هستند که در آنها، عمق از کوچکترین بعد جانبی کمتر است. در طراحی این نوع شالوده‌ها، باید موارد زیر را در نظر گرفت:

الف: ایستایی در برابر واژگونی، ظرفیت باربری و لغزش یا ترکیب آنها.

ب: تغییر شکل استاتیکی شالوده و آسیبهای احتمالی به اجزای سازه، شالوده یا دیگر قسمتهای آن.

ج: خصوصیات دینامیکی شالوده، شامل اثر شالوده روی پاسخ سازه و عملکرد آن تحت بار دینامیکی.

د: ناپایداری هیدرولیکی مانند آب‌شستگی یا رگاب که در اثر فشار موج اتفاق می‌افتد و می‌تواند باعث از بین رفتن سازه و یا عدم ایستایی شالوده گردد.

هـ: اثر فشار آب حفره‌ای تولید شده در آب محبوس زیر پی در حین اجرا.

۴-۱۱-۱ پایداری شالوده‌های کم‌عمق

روابط ارایه شده در این بند، باید برای پایداری شالوده‌های کم‌عمق مد نظر قرار گیرند. در جایی که این محاسبات کافی نباشند، تحلیلهای خاص یا تمهیدات بیشتری باید مورد نظر قرار گیرند.

omoorepeyman.ir

۴-۱۱-۱-۱ ظرفیت باربری زه‌کشی نشده ($\phi=0$)

بیشترین بار عمودی که یک پی می‌تواند تحت شرایط زه‌کشی نشده تحمل نماید، عبارتست از:

$$Q = (C_u N_c K_c + \gamma D) A' \quad (۶۶)$$

که در آن:

Q: حداکثر بار عمودی در گسیختگی

C_u: مقاومت برشی زه‌کشی نشده خاک

N_c: عدد ثابت بدون بعد و برابر با ۵/۱۴ برای **$\phi=0$**

ϕ: زاویه اصطکاک زه‌کشی نشده خاک و برابر با صفر

γ: وزن واحد حجم خاک

D: عمق بستر شالوده

A': سطح مؤثر شالوده که به بارگذاری خارج از مرکز بستگی دارد.

Kc: ضریب تصحیح که برای بارگذاری مورب، شکل شالوده، عمق بستر، شیب کف و شیب سطح زمین اعمال می‌شود.

رابطه ۶۶، برای یک بار محوری قائم که در تراز زمین بر شالوده وارد می‌شود و هنگامی که بستر شالوده و زمین هر دو افقی باشند، به صورتهای زیر بیان می‌شود:

الف: پی نواری

$$Q_0 = 5.14 C_u A_0 \quad (۶۷)$$

که در آن:

Q_0: بیشترین بار عمودی در واحد طول پی

A_0: سطح واقعی پی در واحد طول

ب: پی دایره‌ای یا مربعی

$$Q_0 = 6.17 C_u A \quad (۶۸)$$

که در آن **A** سطح واقعی پی است.

omoorepeyman.ir

۴-۱۱-۱-۲ ظرفیت باربری زه‌کشی شده

بیشترین بار خالص عمومی که یک پی تحت شرایط زه‌کشی شده تحمل می‌نماید، عبارتست از:

$$Q' = \left[C'N_c K_c + qN_q K_q + \frac{1}{2}\gamma' BN_\gamma K_\gamma \right] A \qquad (۶۹)$$

که در آن:

Q′: بیشترین بار خالص عمومی در گسیختگی.

C′: چسبندگی مؤثر خاک.

N_q: برابر است با $\mathbf{Exp\ [\pi \tan \phi'] \tan^2 (45° + \phi'/2)}$ (یک تابع بدون بعد از **ϕ′**).

N_c: برابر است با $\mathbf{(N_q\text{-}1)\ cot\phi'}$ (یک تابع بدون بعد از **ϕ′**).

N_γ: یک تابع بدون بعد تجربی که به طور تقریبی برابر است با $\mathbf{2(N_q+1)\ tan\ \phi'}$.

ϕ′: زاویه اصطکاک مؤثر پوش موهر.

γ′: وزن واحد حجم مؤثر خاک.

q: برابر است با **γ′D** که **D** عمق بستر پی می‌باشد.

B: کمترین بعد جانبی شالوده.

A′: سطح مؤثر پی که بستگی به خروج از مرکز بودن بار دارد.

K_γ، **K_q** و **K_c**، ضرایب تصحیح هستند که به واسطه شیب، شکل پی، عمق بستر، شیب کف و شیب سطح زمین اعمال می‌شوند. اندیسها، مربوط به ترمهای مربوطه در رابطه ۶۹ می‌باشند.

برای حالتی که **C`** برابر صفر باشد، بار محوری قائم در تراز زمین بر شالوده اثر کند و بستر شالوده و سطح زمین هر دو افقی باشند، رابطه ۶۹ را می‌توان به شکل زیر خلاصه نمود:

الف: پی نواری

$$Q_0 = 0.5\gamma' BN_\gamma A_0 \qquad (۷۰)$$

ب: پی دایره‌ای یا مربعی

$$Q_0 = 0.3\gamma' BN_\gamma A \qquad (۷۱)$$

omoorepeyman.ir

۴-۱۱-۱-۳ پایداری لغزشی

شرایط محدود کننده معادلات ظرفیت باربری در بندهای ۴-۱۱-۱-۱ و ۴-۱۱-۱-۲ مربوط به بارگذاری مورب، باعث گسیختگی لغزشی شده و روابط زیر بین آنها برقرار است.

الف: تحلیل زه‌کشی نشده

$$H = C_u A \qquad (۷۲)$$

که **H** بار افقی در زمان گسیختگی است.

ب: تحلیل زه‌کشی شده

$$H = C` A + Q \tan \phi' \qquad (۷۳)$$

۴-۱۱-۱-۴ ضرایب اطمینان

شالوده‌ها باید دارای ضریب اطمینانی کافی در برابر گسیختگی تحت بارهای طراحی باشند. پیشنهاد می‌گردد ضرایب اطمینان زیر برای شرایط مختلف گسیختگی در نظر گرفته شوند.

جدول ۴-۶

شرایط گسیختگی	ضریب اطمینان
گسیختگی باربری	۲
گسیختگی لغزشی	۱/۵

این مقادیر بعد از این که اثرات بار سیکلی در نظر گرفته شد، اعمال می‌شوند. اگر شرایط ژئوتکنیکی نامشخص باشد، مقادیر مذکور افزایش خواهند یافت.

۴-۱۱-۲ تغییر شکل استاتیکی شالوده‌های کم‌عمق

جابه‌جایی حداکثر پی تحت بار استاتیکی یا استاتیکی معادل، بر سلامت سکو، سرویس‌دهی و اعضای آن اثر می‌گذارد. معادلات مربوط در بندهای ۴-۱۱-۲-۱ و ۴-۱۱-۲-۲ آمده‌اند.

omoorepeyman.ir

۴-۱۱-۲-۱ تغییر شکل کوتاه‌مدت

با فرض ایزوتروپیک و همگن بودن مصالح پی، هنگامی که پایه سازه صلب و دایره‌ای شکل بوده و در سطح خاک قرار گرفته باشد، تغییر شکل تحت بارهای مختلف، به صورتهای زیر می‌باشد:

الف: عمودی

$$U_v = \left[\frac{1-\nu}{4GR}\right]Q \qquad (۷۴)$$

ب: افقی

$$U_h = \left[\frac{7-8\nu}{32(1-\nu)GR}\right]H \qquad (۷۵)$$

ج: چرخش

$$\theta_r = \left[\frac{3(1-\nu)}{8GR^3}\right]M \qquad (۷۶)$$

د: پیچش

$$\theta_t = \left[\frac{3}{16GR^3}\right]T \qquad (۷۷)$$

که در آن:

U_v و U_h: جابه‌جایی عمودی و افقی

Q و H: بارهای عمودی و افقی

θ_r و θ_t: چرخشهای واژگونی و پیچشی

M و T: لنگرهای واژگونی و پیچشی

G: مدول برشی الاستیک خاک

ν: ضریب پواسون خاک

R: شعاع کف

این مقادیر با تقریب برای شالوده‌های مربع شکل با سطح معادل، قابل استفاده می‌باشند.

omoorepeyman.ir

۴-۱۱-۲-۲ تغییر شکل بلندمدت

نشست تخمینی لایه‌های تحت بار عمودی، توسط رابطه زیر به دست می‌آید.

$$U_v = \frac{hC}{1+e_0}\log_{10}\frac{q_0+\Delta q}{q_0} \quad (۷۸)$$

که در آن:

U_v: جابه‌جایی قائم

h: ضخامت لایه

e_0: نسبت تخلخل اولیه خاک

C: نشانهٔ فشردگی خاک در محدوده بارهای مفروض

q_0: تنش مؤثر عمودی اولیه خاک

Δq_0: تنش مؤثر عمودی اضافه شده

وقتی تنش در یک لایه نازک تغییر کند، تخمینها با استفاده از تنش موجود در وسط لایه محاسبه می‌شوند و لایه‌های ضخیم باید برای تحلیل به چند قسمت تقسیم شوند. جایی که تعداد لایه‌ها بیشتر از یک است، تخمین از جمع نشستهای لایه‌ها به دست می‌آید و مشخصات تغییر شکل خاک از آزمایش تحکیم تک محوری حاصل می‌شود.

◄ ۴-۱۱-۳ رفتار دینامیکی شالوده‌های کم‌عمق

۴-۱۱-۳-۱ آب‌شستگی

لازم است اقدامات مؤثری جهت جلوگیری از آب‌شستگی خاک کف سازه انجام شود. این اقدامات می‌تواند شامل بررسی لایه‌های قابل فرسایش، نفوذ تا لایه‌های مقاوم در برابر آب‌شستگی و استفاده از سنگ‌چین در اطراف گوشه‌های شالوده باشد. مطالعات انتقال رسوب نیز می‌تواند در طراحی، بسیار مفید و ارزشمند باشد.

omoorepeyman.ir

۴-۱۱-۳-۲ رگاب

شالوده باید طوری طراحی شود که از به وجود آمدن گرادیانهای هیدرولیکی زیاد، ناشی از بارگذاری طبیعی یا عملیاتی در خاک که در حین اجرا و یا بعد از آن اعمال می‌شود و منجر به وقوع پدیده رگاب در بستر می‌شود، جلوگیری به عمل آید.

۴-۱۱-۴ نصب و برداشتن شالوده‌های کم‌عمق

عملیات نصب باید طوری برنامه‌ریزی شود که اطمینان حاصل گردد شالوده بدون ایجاد دست‌خوردگی زیاد در خاک در جای خود قرار می‌گیرد. اگر شالوده بعد از مدتی باید برداشته شود، تحلیلهایی باید بر روی نیروهای تولید شده در زمان برداشتن انجام شود، به نحوی که اطمینان حاصل شود که کار با وسایل موجود قابل انجام است.

omoorepeyman.ir

۵

طراحی سایر اجزای سازه‌ای

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۵-۱ طراحی عرشه سکوها

عرشه را می‌توان جهت تحلیل پایه سکو یا سازه‌های زیرین، به شکل ساده‌ای مدل‌سازی نمود. در ضمن باید در مورد سختی عمودی و افقی سیستم و اثر آن بر روی سازه‌های زیرین شناخت پیدا کرد. مدل‌سازی باید اثرات واژگونی ناشی از باد برای شرایط بارگذاری محیطی، محل مناسب عرشه، جرمهای تجهیزات در شرایط بارگذاری زلزله و مکانهای بارهای سنگین تناوبی نظیر دکل حفاری را در نظر بگیرد. عرشه را می‌توان به تنهایی به عنوان یک یا چند سازه مستقل، بسته به شکل آن تحلیل نمود و اثر تغییر شکلهای سازه زیرین، باید در مدل کردن تکیه‌گاههای مرزی لحاظ شود.

تغییر شکل ناهمسان نقاط تکیه‌گاهی در مدولهای عرشه سنگین، زمانی که مدولها بر روی تیرهای سرسره یا خرپاهای زیر سازه قرار می‌گیرند، می‌تواند سبب توزیع مجدد قابل ملاحظه عکس‌العملهای تکیه‌گاهی شود. در چنین حالتی، مدل سازه‌ای باید شامل قسمتهای مختلف عرشه و حداقل یک یا دو چشمه بالایی زیرسازه باشد تا شبیه‌سازی دقیق شرایط تکیه‌گاهی را تسهیل نماید.

در مورد سکوهای طراحی شده با روسازه‌های مدولی، باید اتصال مدولهای مجاور هم در نظر گرفته شود تا سازه در مقابل نیروهای جانبی محیطی مقاوم گردد. همچنین داشتن اتصال، باعث افزایش مقاومت سکو در مقابل حادثه خسارت به یک عضو نگهدارنده مدولهای عرشه می‌گردد.

در مناطقی که نیروهای زلزله برای طراحی اعضای عرشه، نیروی غالب باشد، از آنالیز شبه استاتیکی می‌توان استفاده نمود. تحلیل باید بر اساس حداکثر شتابهای عرشه که از تحلیل زلزله کل سکو تعیین می‌شود، انجام گیرد. ارتفاعی که در آن شتاب طراحی انتخاب می‌شود، باید مبتنی بر شکل سازه‌ای و محل جرمهای غالب عرشه باشد.

۵-۲ طراحی اجزای سازه‌ای عرشه

تیر ورقها باید بر اساس آخرین ویرایش توصیه‌های اجرایی برای طراحی، ساخت و نصب فولاد سازه‌ای برای ساختمانها و **AWS D1.1** طراحی شوند. هنگام بروز تمرکز تنش در جایی که تغییرات

omoorepeyman.ir

ناگهانی در مقطع، مانند سوراخ، شیارهای جک و یا غیره وجود دارد، باید اثر تمرکز تنش بر روی خستگی و شکست در نظر گرفته شود. فولاد برای تیر ورقها، باید چقرمگی کافی داشته باشد تا مانع از شکست ترد در پایین‌ترین دمای مورد انتظار محیط شود.

۵-۳ سازه نگهدارنده جرثقیل

۵-۳-۱ طراحی استاتیکی

سازه نگهدارنده باید برای بار مرده جرثقیل، به اضافه حداقل دو برابر ظرفیت استاتیکی اسمی، مطابق تعریف **API spec 2C** طراحی شود و تنشها با تنشهای مجاز ارایه شده در بند ۳-۱-۱، بدون هیچ افزایشی مقایسه شوند. شرایط بارگذاری مورد بررسی، باید حداقل شامل موارد زیر باشد:

۱- حداکثر گشتاور واژگونی مربوط به بار قائم به اضافه یک بار جانبی معادل (۴٪) بار قائم حداکثر که به طور همزمان، به قرقره واقع در سر بوم اعمال گردد.

۲- حداکثر بار قائم مربوط به گشتاور واژگونی به اضافه یک بار جانبی معادل (۴٪) بار قائم حداکثر که به طور همزمان، به قرقره واقع در سر بوم اعمال گردد.

۵-۳-۲ طراحی دینامیکی

در طراحی سازه‌های نگهدارنده جرثقیلها، هیچ افزایشی برای بار دینامیکی بر اساس **API spec 2C** نیاز نیست.

۵-۳-۳ طراحی در برابر خستگی

سازه نگهدارنده جرثقیل، باید برای مقاومت در برابر خستگی در طی عمر سازه و بر اساس بند ۳-۷ طراحی شود. موارد زیر می‌توانند به جای تحلیل دقیق خستگی، مورد استفاده واقع شوند و حداقل ۲۵۰۰۰ سیکل، باید تحت شرایط زیر فرض شود:

الف: یک بار به اندازه ۱/۳۳ برابر ظرفیت استاتیکی در محلی از بوم و در جهتی از جرثقیل که حداکثر تنش را در هر قسمت سازه نگهدارنده ایجاد کند، به سازه اعمال شود.

omoorepeyman.ir

ب: محدوده تنش مورد استفاده، باید برابر تفاوت بین تنش ناشی از بارگذاری مذکور در بالا و تنش با حضور بوم در همان محل ولی بدون بارگذاری، باشد.

۵-۴ طراحی مشعلها

۵-۴-۱ مقدمه

در سکوهایی که برای تولید نفت به کار می‌روند، ممکن است نفت تولیدی محتوی گاز باشد. اگر برای گاز هیچ مصرف دیگری وجود نداشته باشد، استفاده از مشعل برای سوزاندن آن ضروری می‌باشد. مهم‌ترین مواردی که لازم است در طراحی مشعلها مد نظر قرار گیرند، عبارتند از:

الف: اگر چه اغلب گاز از یک مخزن **knock-out** عبور می‌کند، ولی هنوز ممکن است دارای قطرات نفت باشد که این نفت، می‌تواند دوباره به سکو برگشته و باعث آتش‌سوزی گردد.

ب: تشعشع گرما و صدا می‌تواند بسیار قابل توجه باشد و باعث می‌شود که حداقل فاصله از مناطق کاری نظیر عرشه، پد هلی‌کوپتر و کابین جرثقیل، رعایت گردد.

ج: برای کنترل تشعشع حرارت و صدا، از سرمشعلهای خاصی استفاده می‌شود که وزن آنها، بین ۱۵-۱۰ کیلو نیوتن می‌باشد و دارای تأثیر دینامیکی قابل توجه می‌باشند.

د: جریان گازهای گرم، باید در ارتفاع مناسبی از روی پد هلی‌کوپتر باشد.

۵-۴-۲ طراحی سازه‌ای مشعلها

موارد مطرح شده در بند فوق و همچنین فضای روی عرشه سکو، باعث می‌شود که مشعلها به صورت کنسول از یک گوشه عرشه طراحی گردند. بومهای مشعل به صورت یک سازه مشبک با مقاطع مربع مستطیلی یا مثلثی طراحی می‌شوند. در بومهای مربع مستطیلی، آرایشهایی با یک محور **Chord** در بالا یا دو محور در بالا، مورد استفاده قرار می‌گیرد. یک **Pitch** با زوایای بین ۶۰-۴۵ درجه، بسیار معمول می‌باشد.

omoorepeyman.ir

روش دیگر در سیستم سازه‌ای، به‌کارگیری یک بوم به صورت کنسول آزاد و یا تقویت توسط مهارهای افقی و عمودی می‌باشد. استفاده از چنین مهارهایی، باعث کارایی بیشتر طراحی مشعل خواهد شد، هر چند که ساخت، حمل و نصب این اعضای سازه‌ای، سبب گران‌تر شدن طرح می‌گردد.

۵-۴-۳ اتصال به سازه عرشه

اتصال بوم مشعل به سازه عرشه، یکی از نقاط کلیدی می‌باشد. تعدادی از مواردی که باید در طراحی، مورد نظر داشت، عبارتند از:

الف: اتصال بوم باید به سازه اصلی و یا به یکی از مدولهای عرشه باشد.

ب: جزئیات اتصال باید به گونه‌ای باشد که نصب ساده و مؤثر را فراهم نماید.

ج: اتصال باید طوری طراحی گردد که بلافاصله پس از نصب و بدون کار اضافی، بتواند حدود (۸۰٪) مقاومت لازم را به دست آورد تا در مراحل بعدی کار، در مقابل باد با دوره بازگشت سالانه مقاومت نماید.

د: در طراحی اتصال باید موضوع محافظت در مقابل خوردگی، رعایت گردد.

۵-۵ طراحی پد هلی‌کوپتر

اغلب لازم است در عرشه سکوهای دریایی، پد هلی‌کوپتر فراهم گردد. پد باید در بالاترین قسمت عرشه قرار گیرد و بتواند شرایط فرود و پرواز هلی‌کوپتر طرح را فراهم نماید. این سطح باید صاف بوده و امکان بستن هلی‌کوپتر به آن وجود داشته باشد. انواع هلی‌کوپترهای مورد استفاده در طول بهره‌برداری سکو، توسط کارفرما تعیین می‌گردد. در بارگذاری عرشه برای در نظر گرفتن پد هلی‌کوپتر، لازم است موارد زیر در نظر گرفته شوند:

۱- حداکثر وزن در حالت پرواز هلی‌کوپتر مشخص گردد. سطح پد هلی‌کوپتر باید در هر نقطه قادر به تحمل حداکثر نیروهای وارد به صورت زیر باشد:

الف: نیروی قائم – ۱/۵ برابر وزن در حال پرواز سنگین‌ترین هلی‌کوپتر.

ب: نیروی افقی – ۰/۵ برابر وزن در حال پرواز سنگین‌ترین هلی‌کوپتر.

omoorepeyman.ir

این نیروها باید در سطحی برابر ۰/۱۵×۰/۵ متر به پد وارد شوند.

۲- سازه پد هلی‌کوپتر باید تحمل بارهای زیر را داشته باشد:

الف: وزن حداکثر سنگین‌ترین هلی‌کوپتری که احتمال دارد روی سکو فرود آید. این وزن فقط توسط چرخ هلی‌کوپتر اعمال می‌گردد.

ب: نیروی ناشی از باد روی هلی‌کوپتر.

ج: اثر دینامیکی فرود هلی‌کوپتر که اغلب با ضریب پاسخ دینامیکی حداقل برابر ۱/۳، به سازه وارد می‌شود.

۵-۶ طراحی پلهای اتصال بین سکوها

۵-۶-۱ مقدمه

در یک مجموعه از سکوها که برای استخراج و بهره‌برداری یک میدان نفتی احداث می‌گردد، هر سکو توسط پلهایی به سکوهای دیگر متصل می‌شود. دهانه این پلها بین ۱۰۰-۱۵ متر تغییر می‌کند. مهم‌ترین نقش این پلها عبارتند از:

الف: عبور و دسترسی پرسنل.

ب: عبور و حفاظت خطوط لوله و کابلهای برق.

ج: فراهم کردن امکان بردن تجهیزات برای تعمیر و نگهداری.

در طراحی این‌گونه پلها، اغلب از سازه‌های خرپایی با مقاطع مثلثی یا مربع مستطیلی استفاده می‌شود. اطراف پلها، به خاطر باد محافظت می‌گردد و در بعضی مواقع، به طور کامل پوشیده می‌شود. در ادامه، نکات طراحی مربوط به این‌گونه پلها بیان می‌گردد.

۵-۶-۲ ملاحظات طراحی

مهم‌ترین مواردی که در طراحی پلها مطرح می‌گردند، مربوط به سکوهایی هستند که پل بین آنها نصب می‌گردد. از جمله می‌توان موارد زیر را نام برد:

omoorepeyman.ir

۵-۶-۲-۱ تراز سکوها

۵-۶-۲-۲ تغییر مکان سکو

سکو بر اثر نیروهای جانبی ناشی از موج و باد، دارای تغییر مکان افقی است که بین (۱-۰/۵٪) ارتفاع از بستر دریا می‌باشد. تغییر مکانهای دو سکویی که به هم متصل می‌گردند، ممکن است هم‌فاز نباشد.

۵-۶-۲-۳ رواداری نصب سکو

طراحی و ساخت پل به طور موازی، با ساخت و نصب جاکت و عرشه سکو انجام می‌گیرد. در نتیجه جزئیات تکیه‌گاهی پلها، باید به گونه‌ای باشد که حدود ۰/۵ متر رواداری در جهت طولی و عرضی را داشته باشد.

۵-۶-۲-۴ نصب پل

طراحی پل و تکیه‌گاه آن، باید به گونه‌ای باشد که بتوان پل را بین دو عرشه کامل شده با فاصله کافی، بدون آسیب دیدن پل یا عرشه، نصب کرد.

۵-۶-۲-۵ داشتن هماهنگی با طراحی خطوط لوله و کابل

در طراحی خطوط لوله، در نظر گرفتن یکی از سکوها به عنوان نقطه ثابت تکیه‌گاهی مهم است. تغییر مکان قابل توجه سکو، باعث حرکت زیاد انتهای پل روی تکیه‌گاه آن می‌گردد. طراح خطوط لوله، برای غلبه بر مشکل مجبور است پیچهای انبساط تعبیه نماید که این خود مستلزم وجود فضای بیشتری است.

۵-۶-۲-۶ در نظر گرفتن فضای لازم برای هادی‌های نصب

برای این که پل در مراحل نهایی نصب کنترل گردد، نیاز به هادی‌هایی می‌باشد. یک شکل مرسوم هادی‌ها، نوع عمودی مفصل و مخروط در طرف تکیه‌گاه ثابت و نوع عمودی مفصل و شکاف در طرف دیگر می‌باشد. این تجهیزات را به عنوان هادی‌های دایمی هم می‌توان به کار برد.

omoorepeyman.ir

۵-۶-۲-۷ آرایش بالشتکها

بالشتکها در زیر پل، دارای چهار نقش زیر هستند:

الف: تکیه‌گاه قائم

ب: تکیه‌گاه افقی

ج: اتصال برای جلوگیری از واژگونی

د: جذب حرکتهای افقی

۵-۷ طراحی اتصال شمع به سازه سکو

۵-۷-۱ کلیات

بارهای عرشه می‌تواند توسط تزریق دوغاب به فضای بین پایه جاکت (یا غلاف) و شمع، به شمعهای فولادی منتقل شوند. در این شرایط بار سازه از طریق دوغاب به شمع وارد می‌شود. تجربه نشان می‌دهد که مکانیزم انتقال بار، تلفیقی از چسبندگی و اصطکاک بین ملات و سطح فولاد و همچنین مقاومت ملات در برابر ابزارهای مکانیکی، نظیر کلیدهای برشی است.

برای حفظ فاصله و یا فضای یکنواخت بین شمع و سازه پیرامونی، باید از میانگیرهای مناسب استفاده شود. در جایی که دوغاب تنها وسیله انتقال بار می‌باشد، حداقل فاصله بین شمع و دیواره داخلی غلاف، باید برابر ۳۸ میلیمتر باشد. در حالت استفاده از کلیدهای برشی، با احتساب اندازه المانهای برشی کمکی بین شمع و غلاف، باید فاصله کافی وجود داشته باشد.

اگر ضرورت داشته باشد، جهت محصور کردن دوغاب باید از پرکننده‌ها استفاده شود. ابزار مناسب برای ریختن دوغاب به داخل فضای بین شمع و غلاف باید فراهم شود، به طوری که امکان رقیق شدن دوغاب یا شکل‌گیری فضاهای خالی در دوغاب حداقل گردد. اگر بستر محل شمع‌کوبی دارای گل نرم باشد، استفاده از غشاها یا دیگر وسایل مناسب برای کاهش نفوذ گل به داخل فضاهایی که توسط شمعها اشغال می‌شود، ضروری است.

omoorepeyman.ir

۵-۷-۲ عوامل تأثیرگذار بر مقاومت اتصال

عوامل بسیاری بر روی مقاومت اتصال تزریق شده تأثیر می‌گذارند. از جمله این عوامل می‌توان از مقاومت فشاری محصور نشده دوغاب، اندازه و فاصله کلیدهای برشی، نوع مواد افزودنی، روش تزریق، شرایط سطح فولاد، وجود مواد سطحی که مانع از چسبیدن ملات به فولاد خواهند شد و میزان اغتشاش ناشی از حرکت سکو، تا هنگام گرفتن دوغاب نام برد.

۵-۷-۳ محاسبه نیروی محوری اعمالی

برای محاسبه نیروی محوری اعمالی به یک اتصال تزریقی شمع و سازه، باید نحوه توزیع بارهای کلی سازه‌ای در میان شمعهای مختلف در یک گروه در نظر گرفته شود. بار طرح برای اتصال تزریقی، باید بیشترین بار محاسبه شده با توجه به محدوده سختی محوری شمع و سختی خاک محل باشد.

۵-۷-۴ محاسبه نیروی مجاز محوری

در غیاب اطلاعات جامع و معتبر که استفاده از مقادیر دیگری را برای مقاومت اتصال توجیه نماید، مقدار انتقال بار محوری برای شمع یا غلاف، باید برابر با مقدار کمتر نیروی حاصل از ضرب سطح تماس بین ملات و سطح فولاد در تنش انتقال نیروی محوری $\mathbf{f_{ba}}$ انتخاب گردد. نحوه محاسبه مقادیر $\mathbf{f_{ba}}$ برای سطح مشترک ملات و فولاد، در ادامه آمده است. این نیروی مجاز محوری، باید بزرگتر یا مساوی نیروی محوری اعمالی محاسبه شده بر اساس بند ۵-۷-۳ باشد.

۵-۷-۴-۱ اتصالات ساده

مقدار مجاز تنش انتقال بار محوری $\mathbf{f_{ba}}$، باید برابر ۰/۱۳۸ مگاپاسکال، برای شرایط بارگذاری ۱ و ۲ و ۰/۱۸۴ مگاپاسکال، برای شرایط بارگذاری ۳ و ۴ بند ۲-۲-۲ در نظر گرفته شود.

omoorepeyman.ir

۵-۷-۴-۲ اتصالات کلید برشی

در زمانی که کلیدهای برشی در سطح مشترک بین فولاد و ملات استفاده می‌شود، مقدار مجاز رسمی تنش انتقال بار محوری f_{ba}، باید برای شرایط بارگذاری ۱ و ۲ بند ۲-۲-۲، به صورت زیر در نظر گرفته شود:

$$f_{ba} = 0.138Mpa + 0.5f_{cu}\frac{h}{s} \quad (۷۹)$$

مقدار مجاز رسمی تنش انتقال بار محوری f_{ba}، برای شرایط بارگذاری ۳ و ۴ بند ۲-۲-۲، باید به صورت زیر در نظر گرفته شود:

$$f_{ba} = 0.184Mpa + 0.67f_{cu}\frac{h}{s} \quad (۸۰)$$

که در روابط فوق:

f_{cu}: مقاومت فشاری محصور نشده ملات بر حسب مگاپاسکال مطابق مفاد بند ۶-۸-۱.

h: بعد بیرون زدگی کلید برشی بر حسب میلیمتر (رجوع به شکلهای ۵-۱ و ۵-۲).

S: فاصله کلیدهای برش بر حسب میلیمتر (رجوع به شکلهای ۵-۱ و ۵-۲).

جزئیات کلیدهای برشی طراحی شده بر اساس روابط فوق، باید بر اساس الزامات زیر ارایه شود:

۱- کلیدهای برشی می‌توانند حلقه‌های دایره‌ای با فواصل "S" و یا یک مارپیچ پیوسته با گام "S" باشند. برای در نظر گرفتن محدودیتها، به بند ۵-۷-۴-۳ رجوع شود.

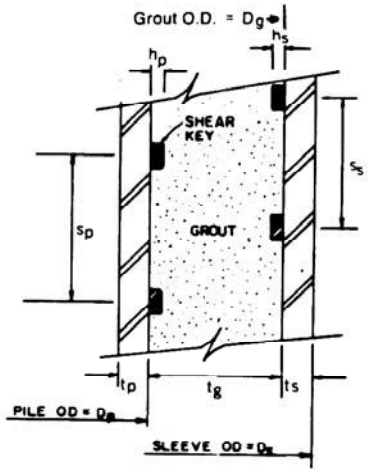
۲- کلیدهای برشی، باید به صورت یکی از انواع نشان داده شده در شکل ۵-۲ باشند.

۳- برای شمعهای کوبیدنی، کلیدهای برشی باید به اندازه کافی بر روی طول شمع تعبیه شوند تا پس از کوبیدن، تعداد مورد نیاز کلید برشی در تماس با ملات، در طول شمع وجود داشته باشد.

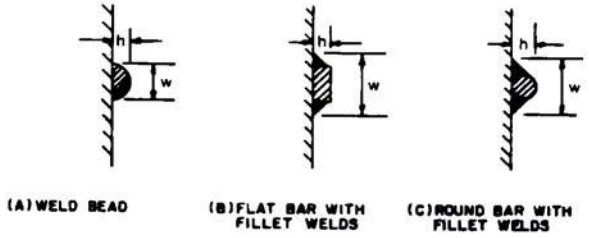
۴- هر مقطع عرضی کلید برشی و جزئیات جوش آن، باید به گونه‌ای طراحی شود تا قادر باشد آن بخش از ظرفیت اتصال را که به کلید برشی نسبت داده می‌شود، برای شرایط بارگذاری ۱ و۲ بند ۲-۲-۲ منتقل نماید. کلید برشی و اتصال جوشی، باید بر اساس تنشهای مجاز فولاد و جوش، طوری طراحی شوند که بتوانند نیروی متوسط معادل با سطح تحمل کننده کلید برشی ضرب در

omoorepeyman.ir

$۱/۷f_{cu}$ را منتقل نمایند. البته در فاصله ۲ برابر قطر شمع از انتهای بالا و پایین اتصال، به جای $۱/۷f_{cu}$، باید سطح مذکور در $۲/۵f_{cu}$ ضرب شود.



شکل ۵-۱ شمع تزریق شده به اتصال سازه، به همراه کلیدهای برشی



شکل ۵-۲ جزئیات کلید برشی پیشنهادی

۵-۷-۴-۳ محدودیتها

هنگام طراحی یک اتصال طبق مطالب بندهای ۵-۷-۳ یا ۵-۷-۴-۱، محدودیت زیر باید در نظر گرفته شود:

$17.25\ \text{Mpa} \le f_{cu} \le 110\text{Mpa}$

در طراحی یک اتصال بر اساس مطالب بند ۵-۷-۴-۲ (رجوع به شکلهای ۵-۱ و ۵-۲) محدودیتهای زیر اعمال می‌شود:

omoorepeyman.ir

۱- هندسه غلاف $\frac{D_s}{t_s} \le 80$

۲- هندسه شمع $\frac{D_p}{t_p} \le 40$

۳- هندسه فضای پر کننده ملات $7 \le \frac{D_g}{t_g} \le 45$

۴- نسبت فاصله کلید برشی $2.5 \le \frac{D_p}{s} \le 8$

۵- نسبت کلید برشی $\frac{h}{S} \le 0.10$

۶- ضریب شکل کلید برشی $1.5 \le \frac{W}{h} \le 3$

۷- $5.5Mpa \ge f_{cu} \frac{h}{s}$

۵-۷-۵ روشهای دیگر طراحی

از روشهای دیگری که بر اساس آزمایش و تحقیق باشد، می‌توان برای محاسبه تنش انتقال بار مجاز f_{ba} استفاده نمود. یکی از این روشها که در مرجع [15] ارایه شده است، در سالهای اخیر در طراحیهای زیادی مورد استفاده قرار گرفته است.

۵-۷-۶ بارگذاریهای غیر از بار محوری

اتصالات تزریقی شمع به غلاف، تحت شرایط بارگذاری دیگری غیر از بار محوری، نظیر برش عرضی، گشتاور خمشی و یا پیچش قرار خواهند گرفت. اثر چنین بارگذاریهایی اگر عمده باشد، باید در طرح اتصالات با استفاده از روندهای مناسب تحلیلی یا انجام آزمایش، مورد نظر قرار گیرد.

omoorepeyman.ir

۵-۸ طراحی سازه‌های دیگر

۵-۸-۱ سازه تکیه‌گاهی برای مخازن سنگین نفت و گاز مایع

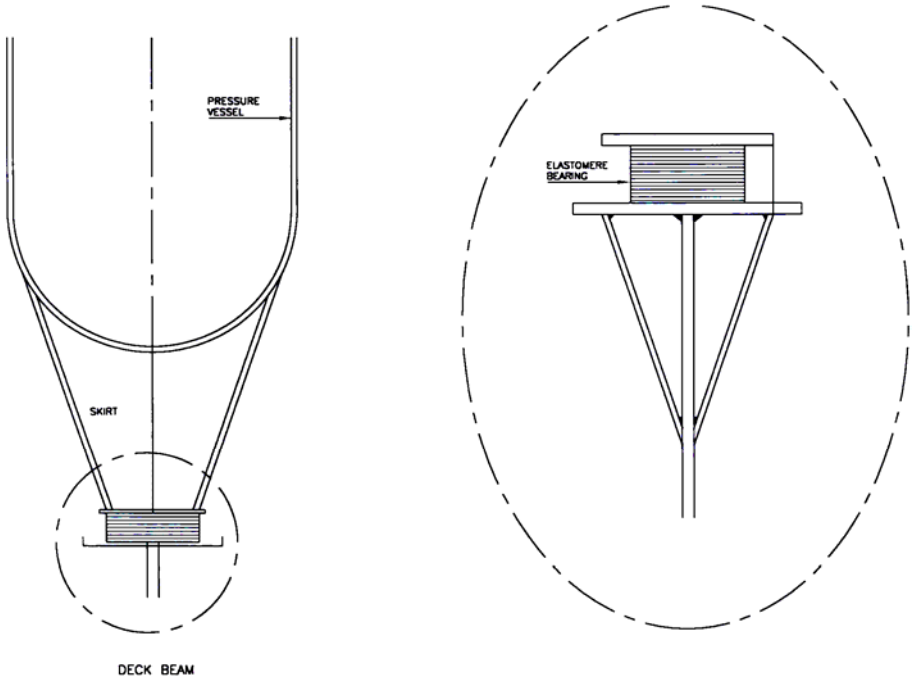
در سکوهایی که نفت و گاز مایع تولید می‌شود، ممکن است مخازن بزرگ ذخیره به صورت متصل به سکو در نظر گرفته شوند که اغلب به صورت استوانه‌های بسته بوده و دارای سختی خمشی و پیچشی بسیار زیادی هستند. به خاطر این سختی، سازه پشتیبان کننده باید در مقابل نیروهای افقی و قائم الاستیک باشد.

برای مخازنی که به صورت قائم قرار می‌گیرند، در نظر گرفتن یک بالشتک ارتجاعی مرکزی لازم می‌باشد. این‌گونه بالشتکها، می‌توانند از بلوکهای روی هم قرار گرفته نئوپرن یا لاستیک طبیعی باشند که به صورت متناوب، از لایه‌های لاستیک به ضخامت حدود ۲۰ میلیمتر و صفحات فولادی به قطر ۳ میلیمتر تشکیل می‌شوند. در شکل ۵-۳، نمونه‌ای از چگونگی اتصال مخزن به عرشه نشان داده شده است.

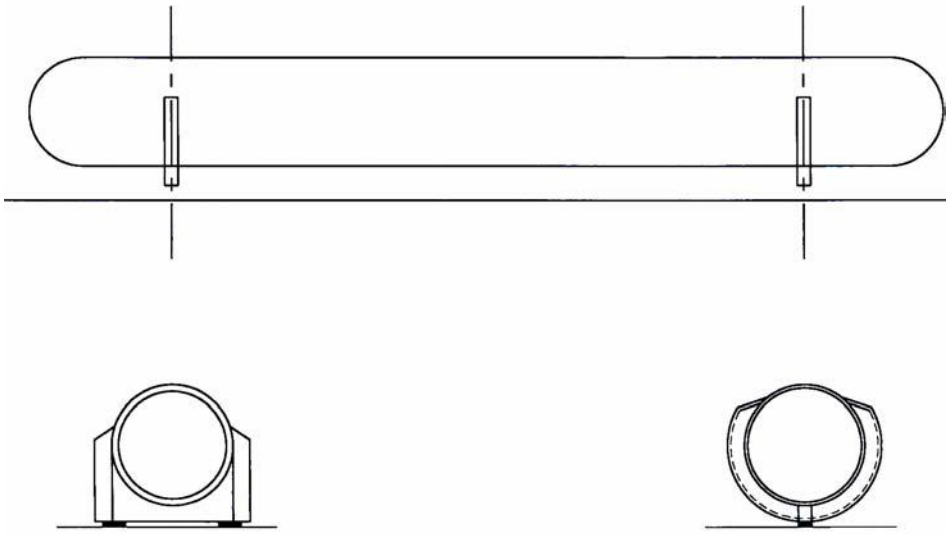
چنین بالشتکهایی می‌توانند چرخشی حدود (۱/۵-۱٪) را تأمین نمایند. با چنین آرایش تکیه‌گاهی، هرگونه تغییر مکان چرخشی کف می‌تواند بدون هیچ‌گونه محدودیتی در نظر گرفته شود. غیر از تکیه‌گاه اصلی، هر مخزن نیاز دارد یک تکیه‌گاه عرضی در فاصله حدود ۱/۴ ارتفاعش داشته باشد.

برای مخازنی که به صورت افقی قرار می‌گیرند، باید یک سیستم تکیه‌گاهی مناسب انتخاب شود، به گونه‌ای که مخزن تنها در دو نقطه تکیه‌گاهی به عرشه متصل شود. شکل ۵-۴، نمونه‌ای از چنین نقاط تکیه‌گاهی را نشان می‌دهد.

omoorepeyman.ir



شکل ۵-۳ نحوه اتصال مخزن تحت فشار استوانه‌ای به عرشه



شکل ۵-۴ نمونه‌ای از اتصال مخزن افقی به یک عرشه

omoorepeyman.ir

۵-۸-۲ سازه تکیه‌گاهی برای مخازن مکعب مستطیلی

اغلب سکوهای دریایی، نیاز به ظرفیت انبار برای گل حفاری، آب مصرفی، سوخت و دیگر موارد دارند. مخازن دارای شکل مکعب مستطیل، به دلیل صرفه‌جویی در فضا، برای این‌گونه مصارف بسیار مناسب می‌باشند. این‌گونه تانکها، به صورت بسته بوده و یک جعبه با سختی بالا را تشکیل می‌دهند. در طراحی این تانکها، باید در مورد دو موضوع مهم تصمیم‌گیری شود:

الف: درجه یکپارچگی سازه تانک با سازه عرشه

به طور کامل یکپارچه، که منجر به لزوم بهره‌گیری از تجهیزات اضافی می‌گردد.

نیمه یکپارچه، به طوری که کف تانک روی عرشه قرار گیرد.

مستقل، که در این حالت تانک در چهار نقطه به عرشه اصلی سازه متصل می‌شود.

ب: انطباق سازه حمایت کننده در حالت استفاده از یک تانک مستقل

روش معمول آن است که چهار نقطه تکیه‌گاهی ایجاد گردد و کف تانک اتصالی نداشته باشد.

روشی که کمتر معمول است اینکه چهار نقطه تکیه‌گاهی تعبیه گردند، ولی ورقهای کف و تقویت کننده‌های بین آنها حذف شوند.

وقتی یک سازه کف برای نگهداری تانکهای بزرگ طراحی می‌شود، لازم است نقاط تکیه‌گاهی با سختیهای کم و بیش یکسان در نظر گرفته شوند.

۵-۹ طراحی سیستم خط مهار کننده برجها

۵-۹-۱ کلیات

در یک سیستم خط مهار، مقاومت ذخیره جانبی و همچنین پایداری را برجهای مهار شده فراهم می‌کند. یک سیستم خط مهار، شامل مجموعه‌ای از خطوط مهاری می‌باشد که هر یک از یک سو به برج منتقل می‌شوند و از سوی دیگر، بر روی بستر دریا مهار می‌گردند.

omoorepeyman.ir

۵-۹-۲ اجزای سیستم

یک سیستم خط مهار می‌تواند تلفیقی از اجزای زیر باشد:

۵-۹-۲-۱ خطوط هادی

یک خط هادی، از برج به یک توده وزنی متصل می‌شود. اگر از کابلها یا رشته‌های فولادی به عنوان خط هادی استفاده شود، پیشنهاد می‌گردد توصیه آیین‌نامه‌های **API RP 9A** و **API RP 9B**، ملاک استاندارد برای خرید و بهره‌برداری قرار گیرد. از دیگر مصالح در صورتی می‌توان استفاده نمود که اطلاعات کافی برای طرح موجود باشد. ملاحظات طراحی باید شامل خواص مکانیکی، مشخصه‌های خستگی، حفاظت در برابر خوردگی و مقاومت در برابر سایش باشد.

۵-۹-۲-۲ توده‌های وزنی

توده وزنی یک جرم سنگین است که بین خط هادی و خط لنگر واسطه می‌باشد. توده‌های وزنی، سختی سیستم خط مهاری را در طی شرایط دریا کم می‌کنند و اجازه تغییر شکل بیشتر را به برج، بدون افزایش بیش از حد در نیروهای کششی خط می‌دهند. متغیرهای توده وزنی شامل وزن، مکان، ابعاد و جزئیات روش ساخت می‌باشد. شکل توده وزنی باید به گونه‌ای انتخاب شود که مکش خاک و نیروهای **break-out** حداقل گردد. از آنجایی که امکان نشست یا فرو رفتن در گل برای توده‌های وزنی وجود دارد، مقاومت اضافی در برابر بیرون آوردن باید در نظر گرفته شود.

۵-۹-۲-۳ خطوط لنگر

یک خط لنگر، از توده وزنی به لنگر وصل می‌شود. در **API RP 9A**، **APT RP 9B** و **API 2F**، به ترتیب استانداردهایی برای کابلهای فولادی، رشته‌های فولادی و زنجیرهای قابل استفاده برای این کاربرد ارایه شده است. ملاحظات طراحی برای خطوط لنگر، شبیه طراحی خطوط هادی می‌باشد. علاوه بر آن، سایش خط مهار در اثر تماس با کف دریا، باید مد نظر قرار گیرد.

omoorepeyman.ir

۵-۹-۲-۴ لنگر

لنگر، بارهای مهار را به خاک منتقل می‌کند. در طراحی سیستم لنگر، هر دو مؤلفه افقی و عمودی بار لنگر، باید در نظر گرفته شوند. یک سیستم لنگر ممکن است متشکل از یک شمع منفرد، یک قالب شمع‌کوبی شده یا دیگر تدابیر مهاری باشد. اجزای شمع یک لنگر، باید با استفاده از معیارهای توصیه شده در فصل ۵ طراحی شوند، بجز این که ظرفیت نهایی سیستم لنگر، باید دو برابر بار خط لنگر در شرایط بارگذاری که در بند ۵-۹-۵ توضیح داده خواهد شد، باشد.

دیگر روشهای مهاربندی نیز به شرطی به کار می‌روند که بتوان با استفاده از تحلیل کافی یا آزمایش، عملی بودن آنها را نشان داد.

۵-۹-۲-۵ محل اتصال مهاریها به برج

سیستم محل اتصال مهاریها به برج، نیروهای خط مهار را به سازه برج انتقال می‌دهد. برای این کار، با توجه به خستگی خمشی خط هادی، محدودیتهای شعاع خمش، رواداریهای هندسی خط هادی، ظرفیت سخت‌افزار برای نگهداری در برابر لنگرگاه و ملزومات اجرایی، باید سخت‌افزار خاصی انتخاب گردد.

۵-۹-۲-۶ انتهای خط لنگر در قسمت لنگر یا توده وزنی

رزین یا سرپیچهای فلزی مورد استفاده برای اتصال خط مهار به لنگر یا توده وزنی، باید قابلیت آزادسازی کرنشهای خمشی برای کاهش ضریب تمرکز تنش و به حداقل رساندن ناپیوستگی جرم را دارا باشد.

۵-۹-۳ شمای عمومی

سیستم خط مهار باید مقاومت و سختی مورد نیاز را فراهم نماید تا برج، تحت اثر نیروهای محیطی مقاوم و پایدار بماند. در تحلیل پاسخ برج، باید نشان داده شود که در حالتی که یک یا چند خط مهاری بارگذاری شده به صورت بحرانی از سرویس خارج شوند، سیستم تحت شرایط محیطی حدی پایدار

omoorepeyman.ir

می‌ماند. متغیرهای عمده طراحی شامل تعداد و اندازه خطوط مهار منفرد، فاصله برج تا توده وزنی و لنگر، اندازه و شکل توده وزنی و پیش‌تنیدگی خط مهار و اتصالات می‌باشد.

۵-۹-۴ تحلیل

در حالت کلی، بارهای یک سیستم مهار باید توسط تحلیل دینامیکی خاص برای مدل خط مهار طراحی شده، تعیین شود. مدل باید استهلاک هیدرودینامیکی سازه‌ای، خصوصیات مربوط به اینرسی و درک سیستم و اندرکنش با کف دریا را در نظر بگیرد. برای انجام این تحلیل، خط مهار می‌تواند در محل اتصال به برج، توسط جابه‌جایی مشخص شده تحریک شود. دیگر ملاحظات طراحی، شامل لرزش موضعی خط مهار و نیروی کل جریان اعمال شده به سیستم خط مهار می‌باشد.

۵-۹-۵ ضرایب ایمنی پیشنهادی

ظرفیتهای نهایی خط مهار را می‌توان برابر مقاومت در برابر شکست فرض نمود. ظرفیتهای مجاز خط مهار را می‌توان توسط تقسیم ظرفیت نهایی خطوط مهار به ضرایب مناسب ایمنی که نباید از مقادیر جدول ۵-۱ کمتر باشند، تعیین نمود.

جدول ۵-۱

شرایط بارگذاری	ضریب ایمنی
شرایط محیطی حدی همراه با بارهای مناسب عرشه، شامل بزرگنمایی دینامیکی مناسب نیروهای خط مهار	۲
شرایط محیطی عادی	۳

۵-۹-۶ خستگی

عمر خستگی محوری و خمشی خطوط مهار باید محاسبه شود. تاریخچه بارگذاری، باید بر اساس بند ۲-۳-۲ به دست آید. بحثهای خستگی برای طناب فولادی یا کابل فولادی، در **[14,13]** آورده شده‌اند.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۶

کاربرد مصالح در سکوهای دریایی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۶-۱ مقدمه

موقعیت، شرایط جغرافیایی و آب و هوای خاص خلیج فارس، موجب شده است که سازه‌های ساخته شده در منطقه، بخصوص سازه‌هایی که در مجاورت آب دریا ساخته می‌شوند، تحت شرایط بسیار خورنده قرار داشته باشند. به همین دلیل انتخاب مناسب مصالح ساختمانی برای این سازه‌ها، می‌تواند اثر قابل توجهی در کارایی و دوام این سازه‌ها داشته باشد. سکوهای دریایی، با توجه به کاربری و همچنین قرارگیری در مناطق دور از ساحل و در آب عمیق، جزو سازه‌های پر هزینه و بسیار حساس می‌باشد. عدم استفاده از مصالح مناسب برای این سازه‌ها، علاوه بر کاستن از کارایی و دوام سازه‌ها، می‌تواند ریسک خطرات جانی و مالی را به مقدار زیادی افزایش دهد. در این فصل، مصالح مناسب برای استفاده در ساخت سازه‌های دور از ساحل، در قالب مصالح فولادی، مصالح بتنی و سیمانی، مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۶-۲ فولاد سازه‌ای

۶-۲-۱ کلیات

فولاد مورد استفاده باید دارای خصوصیات لازم برای پایداری در برابر شرایط محیطی و مقاومت مناسب باشد و از نظر کلاس و استاندارد، برابر با نظر طراح باشد. مشخصات فنی فولاد از قبیل مواردی که در جدول ۶-۱ آمده‌اند، باید توسط تولید کننده یا یک آزمایشگاه معتبر، از طریق آزمایشهای استاندارد مانند روشهایی که در **ASTM A6** و **ASTM A20** ذکر شده‌اند، کنترل گردند و با موارد ذکر شده به عنوان مشخصات محصول، یکسان باشند. استفاده از فولادی که خصوصیات آن نامشخص می‌باشد، در هیچ شرایطی پذیرفته نیست.

omoorepeyman.ir

جدول ۶-۱ مشخصات ورقهای فولاد سازه‌ای

گروه	کلاس	استاندارد	مقاومت گسیختگی (مگاپاسکال)	مقاومت کششی (مگاپاسکال)	توضیح
I	C	ASTM A36	۲۵۰	۴۰۰–۵۵۰	تا ضخامت ۵۰ میلیمتر
		ASTM A131A	۲۳۵	۴۰۰–۴۹۰	تا ضخامت ۱۳ میلیمتر
		ASTM A285 Grade C	۲۰۵	۳۸۰–۵۱۵	تا ضخامت ۱۹ میلیمتر
I	B	ASTM A131 Grade B,D	۲۳۵	۴۰۰–۴۹۰	
		ASTM A516 Grade 65	۲۴۰	۴۵۰–۵۸۵	
		ASTM A573 Grade 65	۲۴۰	۴۵۰–۵۳۰	
		ASTM A709 Grade 36T2	۲۵۰	۴۰۰–۵۵۰	
I	A	ASTM A131 Grade Cs,E	۲۳۵	۴۰۰–۴۹۰	
II	C	ASTM A572 Grade 42	۲۹۰	min.۴۱۵	تا ضخامت ۵۰ میلیمتر
		ASTM A591	۲۹۰	min.۴۱۵	ضخامت بیش از ۱۳ میلیمتر
		ASTM A572 Grade 50	۳۴۵	min.۴۵۰	تا ضخامت ۵۰ میلیمتر
		ASTM A591 Grade	۳۴۵	min.۴۵۰	ضخامت بیش از ۱۳ میلیمتر
II	B	ASTM A709 Grade 50T2,50T3	۳۴۵	min.۴۵۰	
		ASTM A131 Grade A H32	۳۱۵	۴۷۰–۵۸۵	
		ASTM A131 Grade A H36	۳۵۰	۴۹۰–۶۲۰	
II	A	API Spec 2H Grade 42	۲۹۰	۴۳۰–۵۵۰	
		API Spec 2H Grade 50	۳۴۵	۴۸۳–۶۲۰	تا ضخامت ۶۴ میلیمتر
		API Spec 2H Grade 50	۳۲۵	۴۸۳–۶۲۰	ضخامت بیش از ۶۴ میلیمتر
		API Spec2W Grade 42	۲۹۰–۴۶۲	min.۴۱۷	تا ضخامت ۲۵ میلیمتر
		API Spec2W Grade 42	۲۹۰–۴۲۷	min.۴۱۷	ضخامت بیش از ۲۵ میلیمتر
		API Spec2W Grade 50	۳۴۵–۵۱۷	min.۴۴۸	تا ضخامت ۲۵ میلیمتر
		API Spec2W Grade 50	۳۴۵–۴۸۳	min.۴۴۸	ضخامت بیش از ۲۵ میلیمتر
		API Spec2W Grade 50T	۳۴۵–۵۲۲	min.۴۸۳	تا ضخامت ۲۵ میلیمتر
		API Spec2W Grade 50T	۳۴۵–۵۱۷	min.۴۸۳	ضخامت بیش از ۲۵ میلیمتر
		API Spec2W Grade 60	۴۱۴–۶۲۴	min.۵۱۷	تا ضخامت ۲۵ میلیمتر
		API Spec2W Grade 60	۴۱۴–۵۸۶	min.۵۱۷	ضخامت بیش از ۲۵ میلیمتر

omoorepeyman.ir

گروه	کلاس	استاندارد	مقاومت گسیختگی (مگاپاسکال)	مقاومت کششی (مگاپاسکال)	توضیح
II	A	API Spec 2Y Grade 42	۲۹۰–۴۶۲	min.۴۲۷	تا ضخامت ۲۵ میلیمتر
		API Spec 2Y Grade 42	۲۹۰–۴۲۷	min.۴۲۷	ضخامت بیش از ۲۵ میلیمتر
		API Spec 2Y Grade 50	۳۴۵–۵۱۷	min.۴۴۸	تا ضخامت ۲۵ میلیمتر
		API Spec 2Y Grade 50	۳۴۵–۴۸۳	min.۴۴۸	ضخامت بیش از ۲۵ میلیمتر
		API Spec 2Y Grade 50T	۳۴۵–۵۷۲	min.۴۸۳	تا ضخامت ۲۵ میلیمتر
		API Spec 2Y Grade 50T	۳۴۵–۵۱۷	min.۴۸۳	ضخامت بیش از ۲۵ میلیمتر
		ASTM A131 Grade DH32,EH32	۳۱۵	۴۷۰–۵۸۵	
III	A	ASTM A131 Grade DH36,EH36	۳۵۰	۴۹۰–۶۲۰	
		ASTM A537 Class I	۳۴۵	۴۸۵–۶۲۰	تا ضخامت ۶۴ میلیمتر
		ASTM A633 Grade A	۲۹۰	۴۳۵–۵۷۰	
		ASTM A633 Grade C,D	۳۴۵	۴۸۵–۶۲۰	
		ASTM A678 Grade A	۳۴۵	۴۸۵–۶۲۰	
		ASTM A537 Class II	۴۱۵	۵۵۰–۶۹۰	تا ضخامت ۶۴ میلیمتر
		ASTM A678 Grade B	۴۱۵	۵۵۰–۶۹۰	
		API Spec 2W Grade 60	۴۱۴–۶۲۱	min.۵۱۷	تا ضخامت ۲۵ میلیمتر
		API Spec 2W Grade 60	۴۱۴–۵۸۶	min.۵۱۷	ضخامت بیش از ۲۵ میلیمتر
		API Spec 2Y Grade 60	۴۱۴–۶۲۴	min.۵۱۷	تا ضخامت ۲۵ میلیمتر
		API Spec 2Y Grade 60	۴۱۴–۵۸۶	min.۵۱۷	ضخامت بیش از ۲۵ میلیمتر
		ASTM A710 Grade A Class 3	۵۱۵	۵۸۵	تا ضخامت ۵۰ میلیمتر
		ASTM A710 Grade A Class 3	۴۵۰	۵۱۵	ضخامت بین ۵۰ تا ۱۰۰ میلیمتر
		ASTM A710 Grade A Class 3	۴۱۵	۴۸۵	ضخامت بیش از ۱۰۰ میلیمتر

همچنین استفاده از مواد پوشش دهنده مناسب و حفاظت کاتدی، در شرایطی که استفاده از فولاد در محیطهای خورنده جوی و دریایی مورد نظر می‌باشد، لازم است و از فولادهایی باید استفاده شود که

omoorepeyman.ir

مقاومت آنها در برابر شرایط خورنده دریایی، به اثبات رسیده باشد. همچنین استفاده از مواد پوشش دهنده مناسب و حفاظت کاتدی، بر اساس معیارهای ذکر شده در سایر بخشهای این آیین‌نامه، به عنوان یک راه حل دیگر، می‌تواند مورد نظر قرار گیرد.

در صورت استفاده از فولاد در کنار سایر فلزات، ضروری است تا قابلیت ایجاد خوردگی گالوانیکی در فولاد یا فلز مجاور، بر اساس جداول حدود ولتاژ فلزات و توانایی آنها در پولاریزه شدن، مورد بررسی قرار گیرد.

۶-۲-۲ گروههای فولاد

انواع فولاد بر اساس میزان مقاومت و جوش‌پذیری آن، به گروههای زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

۶-۲-۲-۱ گروه اول

این گروه شامل فولاد نورد شده با حداقل مقاومت گسیختگی ۲۸۰ مگاپاسکال یا کمتر می‌باشد. شاخص کربن فولاد، به طور معمول ۰/۴ یا کمتر می‌باشد. شاخص کربن فولاد، میزان عناصر مختلف موجود در فولاد را به صورت کربن معادل در فولاد نشان می‌دهد و برای بررسی میزان جوش‌پذیری و چکش‌خواری فولاد به کار می‌رود. مقدار آن از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$CE=C+MN/6+(Ni+Cu)/15+(Cr+Mo+V)/5 \quad (۸۱)$$

عملیات جوشکاری این گروه، می‌تواند به وسیله تمامی روشهای جوش ذکر شده در **AWS D1.1** انجام شود.

۶-۲-۲-۲ گروه دوم

شامل فولادهای با مقاومت متوسط، دارای حداقل مقاومت گسیختگی بین ۳۶۰-۲۸۰ مگاپاسکال می‌باشد. میزان شاخص کربن، تا مقادیر ۰/۴۵ و بیشتر نیز دیده می‌شود. این فولادها به وسیله جوشکاری کم هیدروژن، به یکدیگر جوش داده می‌شوند.

omoorepeyman.ir

۶-۲-۲-۳ گروه سوم

شامل فولادهای پر مقاومت با مقاومت گسیختگی حداقل برابر با ۳۶۰ مگاپاسکال می‌باشد. استفاده از این فولادها در شرایط مختلف، با رعایت موارد زیر پذیرفته شده است:

الف: جوش‌پذیری و سیستم جوشکاری، باید مورد بررسی قرار گرفته باشد.

ب: مسایل خستگی ناشی از تنشهای زیاد که ممکن است در سازه به وجود آیند، مورد نظر قرار گیرد.

ج: چقرمگی در شرایط مختلف مانند زمان ساخت، نصب و کنترل، تنشهای سرویس و تغییرات درجه حرارت محیط، بررسی شوند.

۶-۲-۳ کلاسهای مختلف فولاد

استفاده از فولادها باید با توجه خاص به تردی آنها در شرایط کاربرد انجام گیرد. با توجه به این خصوصیت، فولادهای مختلف به کلاسهای زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

۶-۲-۳-۱ فولاد کلاس C

این کلاس شامل فولادهایی می‌شود که در سازه‌های جوشکاری شده و در دمای بالای دمای انجماد آب به کار می‌روند، ولی انجام آزمایش ضربه برای آنها، به صورت یک ضرورت قید می‌شود. این فولادها به عنوان عضوهای اصلی سازه‌ای با ضخامت محدود، شکل‌پذیری متوسط، قیود تغییر شکل کم، تمرکز تنش متوسط، بارهای شبه استاتیکی دارند و در سازه‌هایی با درجه نامعینی بالا که خرابی در یک عضو خسارات زیاد به وجود نخواهد آورد، استفاده می‌شوند. به عنوان نمونه‌هایی از این کاربردها، می‌توان به استفاده در شمعها، پایه‌ها و بادبندی سکوها و پایه‌ها و تیرهای عرشه اشاره نمود.

۶-۲-۳-۲ فولاد کلاس B

این کلاس در قسمتهای ضخیم، محیط سرد، قیود و تغییر شکل بیشتر، تمرکز تنش، وجود بارهای ضربه‌ای و کم بودن درجه آزادی در سازه که نیاز به مقاومت خستگی بیشتر از شرایط عادی است، استفاده می‌شود. در انجام آزمایشها، لازم است تا نتایج مقادیر انرژی آزمایش ضربه شارپی در پایین‌ترین دمای سرویس برای فولادهای گروه اول، ۲۰ ژول و برای فولادهای گروه دوم، ۳۴ ژول باشد. فولادهای

omoorepeyman.ir

کلاس **B**، این خاصیت را در دماهای بین ۱۰- و ۰ درجه سانتیگراد دارا هستند. برای آزمایشهای ضربه، آزمایشهای **ASTM A673** با فراوانی **H** پیشنهاد می‌گردند.

۶-۲-۳-۳ فولاد کلاس A

این فولادها برای شرایط دمایی زیر دمای انجماد و حالتهایی که سایر کلاسهای ذکر شده قابل استفاده نیستند، به کار می‌روند. آزمایشهای ضربه شارپی برای حالتهای بحرانی، باید برای دماهایی بین ۳۰- و ۲۰- درجه سانتیگراد زیر پایین‌ترین دمای سرویس مورد انتظار، انجام شوند. این حاشیه اطمینان، برای جلوگیری از گسترش شکستگی و ترک از نواحی ضعیف‌تر می‌باشد. نتایج آزمایش یاد شده برای این فولاد، تا دماهای ۲۰- تا ۴۰- درجه سانتیگراد صادق می‌باشد. آزمایشهای ضربه، باید بر اساس مشخصات مورد نظر طراح انجام شود. در صورت عدم تعیین مشخصات، آزمایش در دمای بالا باید مورد نظر قرار گیرد.

۶-۳ مشخصات صفحات و قطعات فولادی

در صورتی که مشخصات خاصی توسط طراح برای استفاده تعیین نشده باشد، مشخصات ورقهای فولادی باید مطابق با موارد ذکر شده در جدول ۶-۱ انتخاب گردند. همچنین لازم است تا مشخصات پروفیلهای فولادی، مطابق با یکی از استانداردهای ذکر شده در جدول ۶-۲ باشد. در صورت نیاز به پروفیلهای با ضخامتهای بیشتر از محدوده موجود در استانداردهای یاد شده، طراح باید با در نظر گرفتن موارد ذکر شده در بندهای ۶-۲-۲ و ۶-۲-۳، فولاد مورد نظر را انتخاب نماید.

omoorepeyman.ir

جدول ۶-۲ مشخصات پروفیلهای فولادی

گروه	کلاس	استاندارد	مقاومت گسیختگی (مگاپاسکال)	مقاومت کششی (مگاپاسکال)	توضیح
I	C	ASTM A36	۲۵۰	۴۰۰–۵۵۰	تا ضخامت ۵۰ میلیمتر
		ASTM A131	۲۳۵	۴۰۰–۴۹۰	تا ضخامت ۱۳ میلیمتر
I	B	ASTM A709 Grade 36T2	۲۵۰	۴۰۰–۵۵۰	
II	C	ASTM A572 Grade 42	۲۹۰	min.۴۱۵	تا ضخامت ۵۰ میلیمتر
		ASTM A572 Grade 50	۳۴۵	min.۴۵۰	تا ضخامت ۵۰ میلیمتر
		ASTM A591 Grade	۳۴۵	min.۴۵۰	ضخامت بیش از ۱۳ میلیمتر
II	B	ASTM A709 Grade 50T2,50T3	۳۴۵	min.۴۵۰	
		ASTM A131 Grade A H32	۳۱۵	۴۷۰–۵۸۵	
		ASTM A131 Grade A H36	۳۱۵	۴۹۰–۶۲۰	

۶-۴ لوله‌های فولادی

۶-۴-۱ مشخصات

لوله‌ها و شمعهای مورد استفاده، مگر در موارد خاص، باید به صورت بدون درز یا جوش شده با جوشهای طولی و محیطی انتخاب شوند. مشخصات لوله‌ها باید مطابق با موارد ذکر شده استانداردهای جدول ۶-۳ انتخاب شود. لوله‌ها باید درجه یک باشند، مگر استفاده از نوع خاص توسط طراح تأیید شده باشد. استفاده از لوله‌های اسپیرال برای اعضای سازه‌ای، مگر در مواردی که آزمایشها، کارایی لوله‌ها را در شرایط مشابه شرایط سرویس اثبات کرده باشد، پذیرفته نیست.

omoorepeyman.ir

جدول ۶-۳ مشخصات لوله‌های فولادی

گروه	کلاس	استاندارد	مقاومت گسیختگی (مگاپاسکال)	مقاومت کششی (مگاپاسکال)	توضیح
I	C	API 5L36 Grade B	۲۴۰	min.۴۱۵	بدون درز یا با درز طولی
		ASTM A53 Grade B	۲۴۰	min.۴۱۵	تا ضخامت ۱۳ میلیمتر
		ASTM A135 Grade B	۲۴۰	min.۴۱۵	
		ASTM A139 Grade B	۲۴۰	min.۴۱۵	تا ضخامت ۵۰ میلیمتر
		ASTM A500 Grade A	۲۳۰	min.۳۱۰	گرد
		ASTM A500 Grade A	۲۷۰	min.۳۱۰	شکل داده شده
		ASTM A501	۲۵۰	min.۴۰۰	
I	B	ASTM A106	۲۴۰	min.۴۱۵	
		ASTM A524 Grade I	۲۴۰	min.۴۱۵	
		ASTM A524 Grade II	۲۰۵	۳۸۰-۵۵۰	تا ضخامت ۱۰ میلیمتر
I	A	ASTM A333 Grade 6	۲۴۰	min.۴۱۵	ضخامت بیش از ۱۰ میلیمتر
		ASTM A334 Grade 6	۲۴۰	min.۴۱۵	
II	C	API 5L Grade X42 2%max cold expansion	۲۹۰	min.۴۱۵	
		API 5L Grade X52 2%max cold expansion	۳۶۰	min.۴۵۵	
		ASTM A500 Grade B	۲۹۰	min.۴۰۰	گرد
		ASTM A500 Grade B	۳۲۰	min.۴۰۰	شکل داده شده
		ASTM A618 B	۳۴۵	min.۴۸۵	
II	B	API 5L Grade X52 with SR5,SR6 or SR8	۳۶۰	min.۴۵۵	

تولید لوله‌های فولادی، باید بر اساس استانداردهای **API 2B**، **ASTM A139**، **ASTM A252**، **ASTM A381** و یا **ASTM A671** و با استفاده از انواع فولاد ذکر شده در جدول ۶-۱ انجام شود. انجام آزمایشهای هیدرواستاتیک برای لوله‌ها، ضروری نیست.

omoorepeyman.ir

با توجه به شرایط بهره‌برداری، لازم است تا مناسب بودن تردی فولادهای مورد نظر، مطابق با موارد ذکر شده در بند ۶-۲-۳ کنترل گردد. برای لوله‌هایی که از طریق نورد سرد با نسبتهای **D/t** کمتر از ۳۰ ساخته شده و تحت عملیات حرارتی قرار نگرفته‌اند، امکان افت چقرمگی، در نظر گرفته شده و با تدابیری مانند انتخاب یک کلاس بالاتر از فولاد و یا انجام آزمایشهای تردی درجه حرارتهای پایین‌تر از دمای بهره‌برداری، از به وجود آمدن خرابی جلوگیری شود.

۶-۴-۲ فولاد برای اتصالات لوله‌ای شکل

اتصالات لوله‌ای تحت تمرکز تنشهای موضعی قرار می‌گیرند، که می‌تواند موجب تسلیم شدن موضعی و تغییر شکلهای برگشت‌ناپذیر تحت اثر بارهای طراحی گردد. در طول دوره بهره‌برداری، بارهای متواتر می‌توانند موجب ایجاد ترکهای ابتدایی خستگی در اتصال شوند که پیش‌گیری از آنها، از طریق در نظر گرفتن ظرفیت شکل‌پذیری بیشتر فولاد امکان‌پذیر است. ظرفیت شکل‌پذیری، در شرایط بارگذاری دینامیکی و همچنین در محلهای صندوقه‌های اتصال دارای ضخامت زیاد که برش پانچ عامل تعیین کننده در طراحی باشد، حساسیت بیشتری دارد.

۶-۵ اتصالات زیر سطح آب

برای نواحی زیر سطح آب سکوهای فلزی، مانند محل اتصالات پایه‌های سکوهای شابلونی، اتصالات **X** و **K** شکل اعضای فرعی و اعضایی که ضمن همپوشانی به هم جوش داده شده‌اند، فولاد مصرفی باید یکی از معیارهای چقرمگی زیر را، تحت شرایط دمایی ذکر شده در جدول ۶-۴ داشته باشد.

الف: عدم شکست در آزمایش سقوط وزنه **NRL**

ب: مقادیر انرژی آزمایش ضربه شارپی، برابر با ۲۰ ژول برای فولاد گروه اول، ۳۴ ژول برای فولاد گروه دوم و ۴۸ ژول برای فولاد گروه سوم

ج: در شرایطی که دمای آب ۴ درجه سانتیگراد یا بیشتر باشد، شرایط مورد نظر با انتخاب فولاد کلاس **A** از میان موارد ذکر شده در جدول ۶-۱، برآورده می‌گردد.

omoorepeyman.ir

جدول ۶-۴ شرایط دمایی مورد نظر برای انجام آزمایش

D/t	دمای آزمایش	شرایط آزمایش
بیش از ۳۰	۲۰ درجه زیر حداقل دمای سرویس	صفحه مسطح
بین ۳۰-۲۰	۳۰ درجه زیر حداقل دمای سرویس	صفحه مسطح
کمتر از ۲۰	۱۰ درجه زیر حداقل دمای سرویس	مشابه نمونه نهایی

۶-۶ اتصالات بالای سطح آب

برای اتصالات بالای سطح آب که در دمای کمتری قرار دارند و امکان برخورد شناورها با آنها وجود دارد و یا برای اتصالات حساس و بحرانی در هر قسمتی که واقع شده باشند، استفاده از فولاد کلاس **A** ضروری است. به عنوان مثال می‌توان از فولاد کلاس ۴۲، ۵۰ و یا **API 2H** استفاده نمود. در صورتی که مقاومت مورد نظر، برابر یا بیش از ۳۴۵ مگاپاسکال باشد، لازم است تا روش مناسبی برای جوشکاری انتخاب شود.

۶-۶-۱ اتصالات حساس و بحرانی

برای اتصالات حساس و بحرانی مانند اتصال در جهتهای خاص، مقاطع با مقاومت گسیختگی بالا یا مقاطع بسیار ضخیم، در حالتی که تغییر شکل انقباضی در عرض مقطع اتفاق می‌افتد و شرایط اعمال بارهای کششی عمود بر مقطع در طول عمر سازه و قطعه اثر می‌گذارد، استفاده از فولادهایی که از خواص بهبود یافته در راستای ضخامت مقطع (امتداد **Z**) بهره‌مند می‌باشند، ضروری است. به عنوان نمونه می‌توان از فولاد **API 2H** با مشخصات اضافی S_4 و S_5 استفاده نمود.

۶-۶-۲ انتهای بادبندیها

اگر چه انتهای بادبندها در اتصالات لوله‌ای تحت اثر تمرکز تنش قرار دارند، شرایط بهره‌برداری از آنها به سختی اتصالات اصلی نیست. برای بادبندهای بحرانی که شکستگی می‌تواند خسارات سنگین به وجود آورد، دستکهای انتهایی باید مشخصاتی مشابه با صندوقه‌های اتصال یا در حد یک کلاس پایین‌تر داشته باشند. رعایت این مشخصات در طول بادبند (حد فاصل بین اتصالات) الزامی نمی‌باشد.

omoorepeyman.ir

۶-۷ فولاد ضد زنگ

برای استفاده در شرایط دریایی، فولاد سری ۳۰۰ از استاندارد **AISI** قابل استفاده است. استفاده از فولاد ضد رنگ در کارهای دریایی، در تمامی شرایط عملی نیست و لازم است تا نوع و محل استفاده از فولاد ضد زنگ به دقت بررسی شود. فولاد ضد زنگ برای ایجاد لایه نازک غیر فعال در سطح خود که باعث مقاومت فولاد در برابر عوامل خورنده می‌گردد، نیاز به اکسیژن محیط دارد. بنابراین استفاده از فولاد ضد زنگ در محیطهایی که اکسیژن به میزان کافی وجود ندارد، تحت هیچ شرایطی قابل قبول نمی‌باشد. این شرایط را می‌توان به صورت زیر نام برد:

الف: اعماق آب

ب: زیر لجن و نواحی که به علت ثابت بودن خاک در زیر آب، اکسیژن به محل نمی‌رسد.

ج: گوشه‌های ریز، سوراخها، درزهای عمیق که رسیدن اکسیژن به آنها در شرایط عادی امکان‌پذیر نیست.

در شرایط مذکور، رنگ کردن فولاد ضد زنگ فایده چندانی ندارد. سریهای ۳۰۴، ۳۰۵ و ۳۱۶ از فولادهای ضد زنگ، در شرایط عادی، در نواحی سطحی و بالاتر ازسطح آب، می‌توانند در برابر خورندگی آب دریا مقاومت نمایند. در صورت نیاز به جوشکاری فولاد ضد زنگ، باید از انواع خاص این فولاد مانند سری **۳۱۶L** استفاده نمود.

استفاده از فولادهای ضد زنگ در شرایط بارگذاری دایمی، پس از بررسی دوام فولاد در شرایط کاربرد، قابل قبول می‌باشد.

۶-۸ دوغاب سیمان و بتن

۶-۸-۱ دوغاب سیمان

فاصله بین شمعها و دیواره‌ها، در صورت نیاز با دوغاب سیمان پر می‌شود. پیش از تزریق دوغاب سیمان، لازم است تا مقاومت فشاری دوغاب سیمان از طریق انجام چندین آزمایش روی نمونه‌های آزمایشگاهی که در شرایط مشابه با شرایط مورد استفاده عمل آورده شده‌اند، کنترل گردد. آزمایشهای

omoorepeyman.ir

انجام شده باید بر اساس استاندارد **ASTM 109** صورت گیرند. مقاومت محصور نشده نمونه‌های دوغاب، پس از ۲۸ روز که بر اساس **ACI 214-77** و در نظر گرفتن f'_c به جای f_{cu} اندازه‌گیری شده است، نباید کمتر از ۱۷ مگاپاسکال یا مقاومت طراحی مورد نظر باشد. نمونه‌های مختلف باید به صورت اتفاقی از دستگاه تولید دوغاب برداشته شوند و برای اطمینان از مقاومت کافی پس از قرارگیری در آب دریا، با میزان شوری و دمای مشابه با شرایط بهره‌برداری، مورد آزمون آزمایشگاهی بر اساس استانداردهای ذکر شده قرار گیرند.

۶-۸-۲ بتن

ترکیب بتن مناسب برای پر کردن درون شمعها، باید بر اساس خصوصیاتی نظیر مقاومت برشی، چسبندگی، کارایی و روانی در زیر آب انتخاب شود. ترکیب مخلوط بتن مورد استفاده، می‌تواند شامل ماسه تنها یا ترکیب ماسه و مصالح دانه‌ای به علاوه آب، سیمان و افزودنیهای لازم باشد. نسبت آب به سیمان نباید در هیچ شرایطی بیشتر از ۰/۴۵ انتخاب شود. در صورت استفاده از مصالح سنگی، این مصالح باید کوچک و گرد باشند. درصد ماسه در هیچ شرایطی نباید برابر (۴۵٪) ترکیب یا بیشتر انتخاب شود. سیمان مصرفی نیز نباید کمتر از ۴۴۵ کیلوگرم در هر متر مکعب بتن باشد. همچنین روانی بتن بر اساس آزمایش اسلامپ، باید بین ۲۳۰-۱۸۰ میلیمتر باشد. برای تأمین خصوصیات مناسب اجرایی، ممکن است افزودنیهای کاهش دهنده آب و روان کننده‌ها، در ترکیب بتن مورد نیاز باشند.

در صورت استفاده از بتن در شرایط خلیج فارس و برای استفاده‌های سطحی، خصوصیات بتن مصرفی باید مطابق موارد ذکر شده در بخش مصالح از این آیین‌نامه، انتخاب شود.

omoorepeyman.ir

۷

ساخت سکوهای دریایی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۷-۱ کلیات

منظور از ساخت در این فصل، مراحل مربوط به آماده سازی قطعات و ساخت قسمتهای مختلف یک سکو در خشکی می‌باشد. ساخت سکوهای فلزی، شامل پیش‌ساخت و ساخت اجزا و زیر مجموعه‌ها می‌باشد که از مراحل زیر تشکیل می‌شود:

۱- بریدن قطعات
۲- آماده کردن لبه‌های قطعات برای جوشکاری
۳- زدودن زنگ‌زدگی از سطح فلز (سند بلاست یا گریت بلاست)
۴- خم دادن و شکل دهی سرد یا گرم قطعات
۵- گرم کردن قبل از جوشکاری
۶- جوشکاری قطعات
۷- زدودن اضافه‌های جوشکاری
۸- سنگ زدن
۹- عملیات حرارتی بعد از جوشکاری
۱۰- مونتاژ زیرمجموعه‌ها برای ساخت مجموعه‌های اصلی نظیر جاکت و عرشه
۱۱- قرار دادن و نصب تجهیزات تأسیسات
۱۲- اعمال روشهای مناسب برای حفاظت در مقابل خوردگی

در این فصل مشخصات کلی و حداقلهای لازم برای ساخت و مونتاژ پایه و عرشه سکوهای ثابت فولادی، ارایه می‌گردند.

۷-۲ برنامه‌ریزی

برای ساخت بهینه و اقتصادی یک سکوی دریایی، لازم است برنامه کار طراحی گردد. موارد مهمی که در این برنامه باید در نظر گرفته شوند، عبارتند از:

omoorepeyman.ir

۱- تقسیم مناسب سازه به اجزای مختلف، به گونه‌ای که ساخت این اجزا به صورت پیش‌ساخته ممکن گردد.
۲- مشخص کردن ابعاد مختلف قطعاتی که به ناچار باید در محل کارگاه، ساخته و به هم متصل گردند.
۳- مشخص کردن محلهای جوش
۴- بررسی امکان جوش، چه به صورت کلی و چه به صورت موضعی
۵- فراهم کردن امکان حداکثر استفاده از جوشکاری اتوماتیک و پیوسته
۶- بررسی سازگاری جوش دو قطعه فولاد با مشخصات فنی مختلف
۷- در نظر گرفتن محدودیت عملیات حرارتی جوشهای قطعات در مرحله ساخت

برنامه مذکور باید در قالب مدرکی تحت عنوان روش ساخت توسط پیمانکار ساخت تهیه و ارایه شده و مورد تأیید قرار گیرد. در این برنامه، تجهیزات و نیروی انسانی مورد نیاز جهت اجرای روش نیز باید مشخص شود.

۷-۳ مصالح مصرفی

۷-۳-۱ کلیات

تمام فولاد سازه‌ای مصرفی باید نو، عاری از نقص و زنگ‌زدگی باشد. در ضمن، استفاده از فولادهایی که از قبل برای مصارف دیگری رد شده و سپس به عنوان فولاد سازه‌ای طبقه‌بندی شده‌اند، در سکوهای دریایی مجاز نیست.

۷-۳-۲ گواهیهای کارخانه نورد

گواهیهای اصلی آزمایشهای انجام شده در هنگام تولید، باید بر اساس نیازمندیهای بند ۶-۲-۱ ارایه شود. این گواهیها باید تمام اطلاعات لازم در مورد مقاومت، شکل‌پذیری، چقرمگی، آنالیز شیمیایی،

omoorepeyman.ir

عملیات حرارتی، آزمایشهای غیر تخریبی، آزمایشهای تکمیلی و سابقه شناسایی تولید را دربر داشته باشد. قبل از استفاده از فولاد در ساخت سازه، گواهیهای فوق باید ارایه شوند.

۷-۳-۳ شناسایی مصالح

دریافت و جابه‌جایی مصالح، اغلب بخشی از فعالیتهای پیمانکار ساخت است. پیمانکار باید روشی را جهت دریافت، انبار کردن، شناسایی و ردگیری ارایه داده و به تصویب برساند. در این روش، هر قطعه فولادی که در بخشی از سازه ساخته شده مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید به صورت دقیق قابل ردگیری تا مرحله دریافت گواهی تولید کننده فولاد باشد.

۷-۳-۴ انبار کردن مصالح

لازم است مصالح مورد مصرف برای ساخت در فضای مناسب بالاتر از سطح زمین، روی قطعات چوب، پالت و یا قطعات مشابه انبار گردد، طوری که مشکل خوردگی تدریجی وجود نداشته باشد. در این رابطه، بخصوص لبه‌هایی که برای جوشکاری بعدی آماده شده‌اند، باید به طور مناسب حفاظت شوند و قبل از جوشکاری، مورد کنترل قرار گیرند تا اگر لازم باشد تمیز گردند. مصالح مصرفی برای جوشکاری، باید در شرایط خشک و زیر سقف نگهداری گردند.

۷-۴ جوشکاری

۷-۴-۱ کلیات

برای اتصال قطعات و اجزای مختلف سکوهای فلزی، اغلب از جوش استفاده می‌شود و به این خاطر، بررسی مشخصات مکانیکی و کیفیت آن بسیار مهم می‌باشد. جوشکاری مورد نیاز، باید به گونه‌ای انجام گیرد که کلیه مشخصات لازم و کیفیت مطلوب رعایت گردد. بررسی صلاحیتهای مربوط به جوشکاری و مراحل جوش، باید مطابق با استاندارد جوش **AWS D1-1** انجام گیرد.

omoorepeyman.ir

۷-۴-۲ رویه‌های جوشکاری

رویه جوشکاری باید به صورت کتبی تهیه شود و در آن همه مراحل مختلف جوشکاری و متغیرهای مهم، مشخص گردند. در یک مدرک رویه جوشکاری، راجع به موارد زیر بحث می‌شود:

۱- فرایند جوشکاری (نظیر جوشکاری دستی، جوشکاری اتوماتیک و غیره)

۲- مشخصات مصالح اصلی و دامنه ضخامتی که آن رویه در مورد آنها قابل کاربرد است.

۳- طراحی اتصالات (شکل قطعاتی که باید به هم متصل شوند، زاویه قطعات نسبت به هم، شکل نفوذ جوش و ریشه جوش و غیره)

۴- نوع الکترودها

۵- اندازه الکترودها و شماره و ترتیب پاسخهای جوش

۶- جریان برق، ولتاژ و نرخ تغذیه الکترود

۷- موقعیتهای جوشکاری و جهت و سرعت حرکت جوش

۸- گرم کردن قبل و پس از جوشکاری (روش، درجه حرارت، نرخ گرم یا سرد شدن و روش کنترل)

جهت رسیدن به شرایط بهینه جوش، باید آزمایشهای متعدد انجام گیرد تا ضوابط لازم طراحی تأمین گردد. رویه جوشکاری باید منطبق بر استاندارد **AWS D1-1** باشد.

۷-۴-۳ محدودیتهای روشهای جوشکاری

به استثنای پاس ریشه، تمام جوشکاریهایی که برای فولادهای دارای مقاومت تسلیم ۲۸۰ مگاپاسکال و بیشتر صورت می‌گیرد و ضخامت گلوی جوش بیش از ۱۲ میلیمتر می‌باشد، باید با استفاده از فرایندهای هیدروژن پایین انجام شوند.

در تمام فرایندهایی که از یک گاز خارجی به عنوان پوشش منطقه قوس جوش استفاده می‌شود، استفاده از بادگیر جهت پوشش ناحیه عملیات ضروری است.

برای پاسخهای پوششی در حالت پیشرفت رو به پایین، استفاده از رویه‌هایی که حرارت پاسهای پوششی، کمتر از ۲۵ کیلو ژول در هر ۲۵ میلیمتر است، مجاز نیست مگر آن که رویه، با انجام آزمایشهای سختی بر روی ناحیه تحت تأثیر حرارت، مورد تأیید قرار گرفته باشد. برای این آزمایش، باید یک مقطع

omoorepeyman.ir

بزرگ از جوشی که با استفاده از فولادی دارای حداکثر مقدار کربن معادل و ضخامت مجاز بر طبق رویه مورد نظر انجام شده است، تهیه شود. در این نمونه، پاس پوششی باید در یک میزان پیش گرما که برابر با حداقل پیش گرمایش معین شده در رویه جوشکاری باشد، اجرا شده باشد. حداکثر سختی در هر نقطه از ناحیه تحت تأثیر حرارت این نمونه، نباید از **HV10** ۳۲۵ بیشتر باشد.

◄ ۷-۴-۴ تأییدیه صلاحیت

روش جوشکاری و افراد جوشکار، باید طبق استاندارد **AWS D1-1-88** مورد تأیید قرار گیرند که در ادامه، مهم‌ترین موارد به طور خلاصه مطرح می‌گردند:

۷-۴-۴-۱ ملاحظات ضربه

در شرایطی که لازم باشد تأییدیه رویه جوشکاری با انجام آزمایش مشخص شود، باید آزمایش ضربه شارپی، روی فلز جوش انجام گیرد. برای این کار، لازم است نمونه‌هایی از جوش مورد آزمایش تهیه شوند و تحت آزمایش ضربه مطابق **AWS D-1-1** قرار گیرند. برای رسیدن به عملکرد مطلوب، درجه حرارتهای آزمایش و مقادیر حداقل انرژی ارایه شده در جدول ۷-۱، برای انواع گروههای مصالح فولادی باید رعایت شوند.

مقادیر انرژی یک نمونه (از سه نمونه) می‌تواند به اندازه ۷ ژول کمتر از مقدار لازم باشد و در این حالت، نیازی به تکرار آزمایش نیست.

جدول ۷-۱ مقادیر حداقل حرارت و انرژی اعمالی در آزمایش ضربه شارپی

گروه فولاد	کلاس فولاد	درجه حرارت (سانتیگراد)	انرژی اعمالی
I	C	-۱۸	۲۷
I	B	-۱۸	۲۷
I	A	-۲۹	۲۷
II	C	-۱۸	۲۷
II	B	-۲۹	۲۷
II	A	-۴۰	۳۴
III	A	-۴۰	۴۰

omoorepeyman.ir

۷-۴-۴-۲ آزمایشهای مکانیکی برای تأیید دستورالعمل جوشکاری

آزمایشهای مکانیکی روی نمونه‌های مختلف، باید بر طبق ضوابط توسط یک آزمایشگاه مستقل دارای صلاحیت انجام گیرد.

◄ ۷-۴-۵ ملاحظات جوشکاری

۷-۴-۵-۱ کلیات

جوشکاری باید مطابق ابعاد جوشها مندرج بر روی نقشه‌ها، طبق رویه جوشکاری و یا منطبق بر مشخصات فنی **AWS D1-1** صورت گیرد.

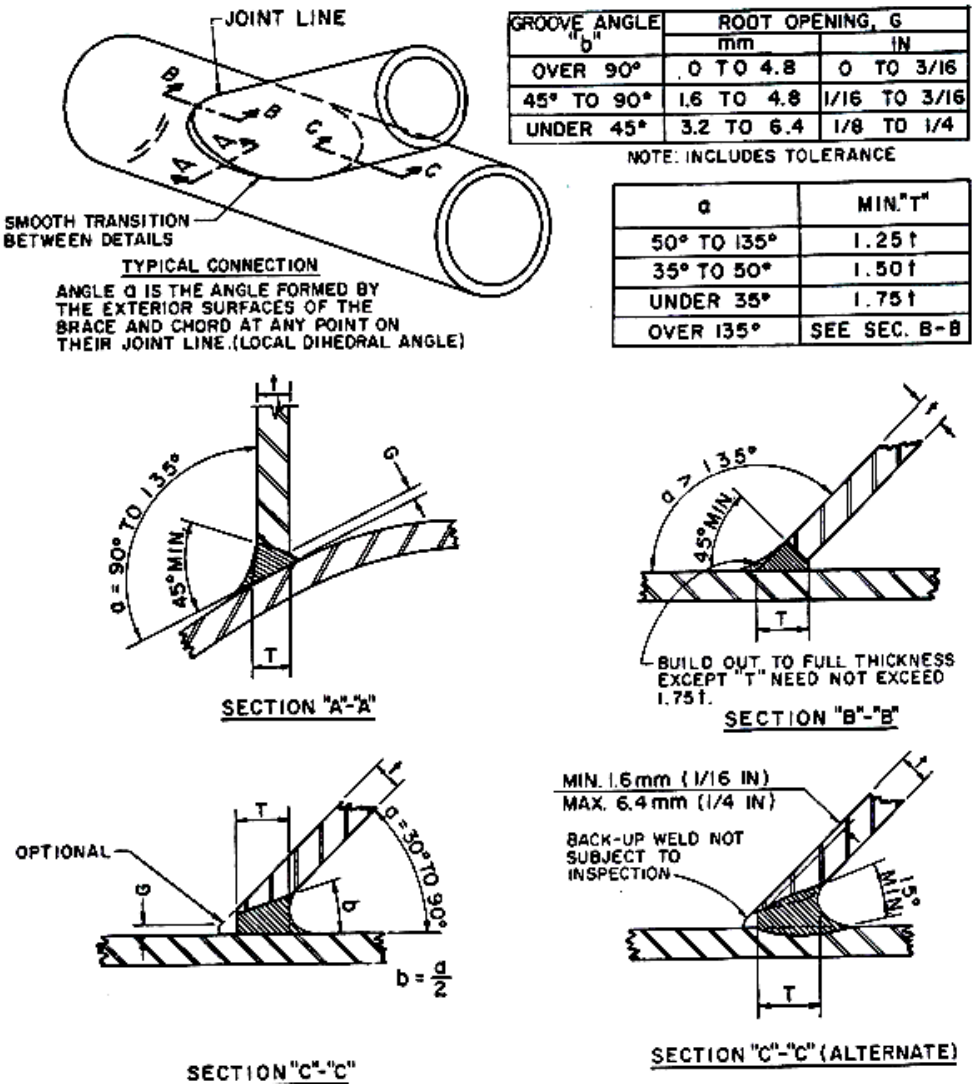
۷-۴-۵-۲ جوشهای مشخص

در صورتی که در دستورالعمل و مشخصات فنی جوشکاری، دستورالعمل دیگری مشخص نشده باشد، باید محلهای تقاطع قطعات با جوشهای شیاری نفوذ کامل، به هم اتصال پیدا کنند. این کار باید تقاطعهای مخفی نظیر نقاط روی هم قرار گرفتن مهارها و سخت کننده‌ها را نیز دربر گیرد.

۷-۴-۵-۳ جوشهای شیاری از یک طرف

در تقاطع اعضای لوله‌ای، وقتی دسترسی به قسمت ریشه جوش امکان‌پذیر نباشد، می‌توان از جوش نفوذی شیاری مطابق شکل ۷-۱ استفاده کرد. روند جوشکاری و روشهای اتخاذ شده و مورد قبول بودن جوش در محلی که دارای بازشدگی زیاد ریشه باشد، باید توسط مهندسین کارفرما بررسی و مورد تصویب قرار گیرد.

omoorepeyman.ir



شکل ۷-۱ جزئیات اتصالات جوشی لوله‌ای

۷-۴-۵-۴ جوشهای درزگیری

تمامی سطوح پنهان، باید با جوشهای ممتد گوشه، در مقابل خوردگی درزگیری شوند. جوشهای درزگیری نباید کمتر از ۳ میلیمتر باشند، ولی لازم نیست از ۵ میلیمتر تجاوز نمایند.

omoorepeyman.ir

۷-۴-۵-۵ تنش‌زدایی

در حالت کلی، در صورت استفاده از ضخامتهای مورد اشاره در فصل ۶ برای فولادهای سازه‌ای، نیازی به استفاده از روشهای حرارتی تنش‌زدایی نمی‌باشد. با این حال، اگر لازم باشد عملیات حرارتی پس از جوشکاری انجام گیرد، باید در دستورالمعل آزمایشهای جوشکاری مشخص گردد.

۷-۴-۵-۶ جوشهای حین نصب

برای جوشهای حین نصب، دستگاههای جوش باید به طور مناسب دارای اتصال زمین باشند و طوری مورد استفاده قرار گیرند که از خوردگی زیر آب جلوگیری گردد. دستورالعمل پیشنهادی در این مورد، در این فصل ارایه شده است.

۷-۴-۵-۷ جوش قوسی

جوش قوسی فقط در شیارهای جوش قابل قبول است. برای مشخص کردن روشهای تعمیر خراییهای احتمالی مصالح ناشی از کاربرد غیر عمدی جوش قوسی در بیرون شیار جوش، باید دستورالمعل لازم تهیه گردد. در این دستورالعمل، روشهای مشخص کردن مناطقی که سختی آنها بالا رفته، محل ترکها و چگونگی بازیافت یکنواختی سطح، باید با جزئیات کامل تبیین گردند.

۷-۴-۵-۸ زدودن زواید

سطوح و حفره‌های ایجاد شده توسط عملیات زدودن زواید ناشی از فرایند استفاده از دستگاه برش جوش، باید به طور کامل تمیز شده و کربن و اکسیدهای باقی مانده، باید قبل از شروع جوشکاری در محلهای مورد نظر، از بین بروند.

۷-۴-۵-۹ جوشکاری قطعات موقت

دقت به کار رفته در جوشکاری قطعات موقت و ضمایم، باید مشابه دقت در جوشهای ثابت باشد.

omoorepeyman.ir

۷-۴-۵-۱۰ ثبت داده‌ها و تهیه اسناد

قبل از شروع کار ساخت، سازنده باید تمام رویه‌های جوشکاری تأیید شده توسط کارفرما را به صورت یک مجموعه تهیه نموده و طی جدولی مشخص نماید که از هر رویه، در چه محلی از سازه استفاده خواهد شد. این مستندسازی باید به عنوان یک مدرک نهایی تحویل کارفرما گردد.

۷-۵ نقشه‌های ساخت و دستورالعملهای مربوطه

پیمانکار باید بر اساس اطلاعات کلی دریافتی از کارفرما، نسبت به تهیه و تحویل نقشه‌های ساخت که در آنها، جزئیات مربوط به ساخت پایه‌ها، شمعها، عرشه و قطعات آمده باشد، اقدام نماید. این نقشه‌ها باید توسط کارفرما و گروه بازرسی مورد بررسی و تأیید قرار گیرند. پیمانکار همچنین باید قبل از شروع ساخت، جزئیات مربوط به روشهای اجرایی خود را، با جزئیات کامل به کارفرما تحویل دهد.

۷-۶ مونتاژ

۷-۶-۱ وصله قطعات

۷-۶-۱-۱ لوله‌ها

وصله لوله‌ها، باید بر اساس استاندارد **API Spec2B** انجام گیرد.

۷-۶-۱-۲ تیرها

قطعات تیر با سطح مقطع یکسان، می‌توانند به یکدیگر متصل شوند. اتصال باید مطابق **AWS D1-1** با طول نفوذ کامل باشد. موقعیت و تعداد اتصالات لازم، با نحوه کاربرد تیر تعیین می‌شود. فاصله نقاط اتصال نباید کمتر از دو برابر ارتفاع تیر یا یک متر (هر کدام که کمتر بود) باشد. در مناطق بحرانی، از نقطه نظر تمامیت سازه، محلهای اتصال باید توسط طراح مشخص شوند.

omoorepeyman.ir

۷-۶-۱-۳ صندوقه‌های اتصال

در اتصال لوله‌های فولادی به یکدیگر، قطعات باید به گونه‌ای قرار گیرند که خطوط طولی جوش با یکدیگر زاویه‌ای حداقل برابر با ۹۰ درجه بسازند، ولی برای اجتناب از قرار گرفتن اعضای مهاری روش جوش طولی صندوقه‌های اتصال، جوشهای طولی این صندوقه‌ها، ممکن است در فاصله‌ای حداقل برابر با ۳۰ سانتیمتر از جوش طولی قطعات مجاور قرار گیرند.

◄ ۷-۶-۲ اتصالات لوله‌ای جوشی

۷-۶-۲-۱ کلیات

تقاطع دو یا سه عضو لوله‌ای، تشکیل یک اتصال لوله‌ای را می‌دهد که با تمرکز تنش در جوشهای اتصال و نواحی مجاور آنها همراه است. در این شرایط، ساخت مناسب اتصال بسیار ضروری است، بخصوص جوشها باید تا حد ممکن، دارای نفوذ کافی باشند و پروفیل جوشهای خارجی، باید به صورت صاف و تدریجی، با فولاد دو طرف ادغام گردد.

۷-۶-۲-۲ ترتیب ساخت

وقتی که دو یا چند عضو لوله‌ای به صورت یک اتصال **x** شکل به یکدیگر متصل شوند، عضو بزرگتر از نظر قطر، باید در طول اتصال ادامه یابد و اعضای دیگر به عنوان اعضای فرعی به این عضو اصلی جوش شوند. اگر در نقشه‌ها به طور مشخص قید نشده باشد، وقتی دو یا چند عضو فرعی در یک مفصل با هم تلاقی کنند و یا روی هم قرار گیرند، ترتیب این که کدام عضو به مفصل وصل شود، از روی ضخامت دیواره یا قطر عضو مشخص می‌شود. عضو با ضخامت دیواره بیشتر، باید به صورت ممتد باشد (عضو اصلی) و ترتیب اتصال اعضای دیگر، بر اساس کاهش ضخامت خواهد بود. در صورتی که دو یا چند عضو دارای ضخامت یکسان باشند، عضوی که دارای قطر بیشتری است، باید به صورت ممتد در نظر گرفته شود. اگر دو یا چند عضو دارای ضخامت و قطر یکسان باشند، هر یک از آنها می‌تواند به عنوان عضو اصلی در نظر گرفته شود.

omoorepeyman.ir

۷-۶-۲-۳ جزئیات اتصالها

هر عضو فرعی که با قرار گرفتن روی دیگر اعضا، یک اتصال را تشکیل دهد، باید به صورت اریب بریده شده و لبه آن پخ زده شود تا امکان جوش کامل نفوذ شیاری فراهم گردد. اگر به خاطر ابعاد عضو یا شکل آن، فقط امکان دسترسی به یک جهت باشد، آماده‌سازی لبه‌ها و جوشها باید مطابق شکل ۷-۱ باشد. مقدار رواداری زوایای پخ، ۵ درجه می‌باشد. در صورتی که پس از اتصال قطعات، درز بین آنها کم باشد، می‌توان درز را با روش **Arc gouging**، تا رسیدن ابعاد مورد نیاز که در شکل ۷-۱ نشان داده شده، زیاد کرد. اگر درز مذکور از حد مجاز زیادتر باشد، باید انتهای قطعه را طبق مفاد آیین‌نامه **AWS D1-1** طراحی نمود.

۷-۶-۲-۴ کنترل پروفیل جوش

در مواردی که برای تحلیل خستگی اتصالات لوله‌ای، از منحنی **x** در روش **S-N**، مطابق بند ۷-۳ استفاده شود و لذا کنترل پروفیل جوش ضروری باشد، لایه نهایی جوش باید به گونه‌ای باشد که سطوح جوش شده به صورت ملایم با فلز اصلی ادغام گردند و به طور تقریبی، پروفیل مقعر مشابه شکل ۷-۱ به دست آید. در این حالت، علاوه بر ملاحظات کنترل کیفیت جوش که در فصل ۹ (بازرسیها) آمده است، گودیهای موجود در پروفیل جوش نباید عمیق‌تر از ۱ میلیمتر نسبت به یک صفحه نازک با قطر برابر یا بیشتر از ضخامت عضو فرعی در محل اتصال باشد. حداکثر تلاش برای رسیدن به پروفیل مورد نظر، باید در موقع جوش به عمل آید. با این حال می‌توان سطح جوش را برای رسیدن به پروفیل مورد نظر، مطابق شکل ۷-۱ سنگ زد. خطوط نهایی سنگ، همواره باید در امتداد عمود بر محور برش باشد. برای اتصالات لوله‌ای که نیاز به پروفیل جوش کنترل شده داشته باشند، پنجه جوش، هم در طرف عضو فرعی و هم در طرف عضو اصلی، باید به طور کامل به روش ذرات مغناطیسی بازرسی شوند (مطابق فصل ۹) تا خرابیهای سطحی و نزدیک سطحی مشخص گردند.

۷-۶-۲-۵ جزئیات خاص

وقتی زوایای بین دو سطح کمتر از ۳۰ درجه باشند، باید جزئیات خاص در نظر گرفته شوند. این جزئیات باید به گونه‌ای باشند که امکان جوشهای مناسب فراهم گردد.

omoorepeyman.ir

۷-۶-۲-۶ اعضای شکاف خورده

وقتی که در یک عضو، شکاف ایجاد می‌گردد تا ورقهای لچکی داخل آنها قرار گیرد، شکاف باید به اندازه ۳/۵ میلیمتر و یا ۱۲ برابر ضخامت دیواره عضو (هر کدام که بزرگتر باشد) از هر جوش پیرامونی فاصله داشته باشد. برای جلوگیری از فرورفتگی، اعضای شکاف خورده باید با قطری به اندازه ۳ میلیمتر بزرگتر از قطر شکاف با دریل سوراخ و یا بریده شده و در لبه‌ها با حداقل قطری برابر ۳ میلیمتر بیش از ضخامت شکاف صاف گردند. در محلهایی که ورقهای لچکی از میان شکاف می‌گذرد، لبه ورقها باید به طور تقریبی به صورت نیم دایره در آید تا شرایط جفت کردن و جوش مناسب‌تر، فراهم گردد.

◄ ۷-۶-۳ ساخت و جوشکاری تیر ورقها

در ساخت تیر ورقها، رواداری ساخت باید بر اساس استاندارد **AWS D1-1** باشد، مگر ملزومات خاص، به کارگیری کنترل دقیق‌تر را دیکته نماید. اگر گرمادهی محلی برای بالا بردن مقاومت یا اصلاح موارد، بیش از مقدار قراردادی پیشنهاد شود، اثرات آن روی خواص مصالح باید در نظر گرفته شود و روش کار به تأیید کارفرما برسد.

اتصال جان به بال تیر ورق، می‌تواند به صورت جوشهای ممتد گوشه که در دو طرف جان باشند انجام شود. جوشها باید دارای پروفیل مقعر با تغییرات تدریجی و ملایم به فلنج و عضو باشند.

تقاطعهای قطعات تیر ورق و اتصالات گیردار این اعضا به اعضای دیگر، باید دارای جوشهای نفوذی کامل باشند، مگر این که تحلیل تنش دقیق، اجازه نوع دیگری از اتصالات جوشی را بدهد. اتصال بین بالها و ورقهایی که برای سخت کردن بالها به کار می‌روند، باید از نوع جوش با نفوذ کامل در هر دو طرف باشد.

اتصال ورق تقویت کننده به جان تیر ورق، می‌تواند به صورت جوشهای ممتد گوشه که از دو طرف انجام شده باشد صورت گیرد. چقرمگی فلز جوش و منطقه تحت تأثیر حرارت جوش، نباید کمتر از حداقل چقرمگی مشخص شده برای فولاد تیر اصلی باشد.

omoorepeyman.ir

۷-۶-۴ رواداریهای ساخت نهایی

۷-۶-۴-۱ کلیات

هر عضو سازه، باید بر اساس مقدار رواداریهای ساخت نهایی که در ادامه ارایه می‌گردد، در محل خود قرار گیرد. رواداریهای دیگری که در این جا ارایه نشده‌اند، باید بر مبنای مشخصات فنی **AISC** باشند.

۷-۶-۴-۲ پایه و ستونهای مقطع عرشه

در هر صفحه‌ای از سازه که از نظر نصب در محل بحرانی باشد، نظیر تراز بالای جاکت و یا پایین ستونهای عرشه، فاصله افقی از محور یک ستون تا محور ستون کناری در هر جهت، باید دارای رواداری در حدود ±۱۰ میلیمتر نسبت به ابعاد داده شده در نقشه باشد. در هر تراز عرشه، فاصله بین محور یک ستون تا محور ستونهای کناری در هر جهت، باید دارای یک رواداری در حد ±۱۳ میلیمتر باشد. در دیگر صفحات جاکت، رواداری می‌تواند به ±۱۹ میلیمتر افزایش یابد. قطرهای هر مقطع مربع مستطیلی از پلان جاکت، باید دارای رواداری ±۱۹ میلیمتر باشند. در هر حال حداکثر تلاش باید به عمل آید تا محل ستونها در تمامی مقاطع، دارای دقت کافی باشند.

انحراف از مستقیم بودن ستونهای جاکت، باید کمتر از ۱۰ میلیمتر باشد. چنین انحرافی نباید بیشتر از ۳ میلیمتر در هر ۳ متر طول باشد. ساخت جاکت باید در یک سطح مسطح انجام گیرد. برای این کار باید کنترلهای دوره‌ای مد نظر قرار گیرد. اگر یک پایه موقت دچار نشست شده باشد، باید با استفاده از ورقهای لقمه، آن را به ترازی برابر پایه‌های دیگر برگرداند. قسمت بالای ستونهای جاکت، می‌تواند ±۱۳ میلیمتر نسبت به ترازهای روی نقشه حداکثر، اختلاف داشته باشد.

موقعیت انتهایی هر یک از قطعات صندوقه اتصال بر روی پایه جاکت و یا ستون عرشه، می‌تواند در حد ۲۵ میلیمتر نسبت به مقادیر روی نقشه تغییر داشته باشد. محل سایر تغییرات در ضخامت پایه‌های جاکت یا ستونهای عرشه، می‌تواند حداکثر حدود ۵۱ میلیمتر نسبت به محلهای نشان داده در نقشه‌ها متفاوت باشد.

omoorepeyman.ir

۷-۶-۴-۳ مهاربندهای جاکت و عرشه

اعضای مهاربندی ترازهای افقی سازه، باید در جهت قائم در محدوده رواداری ۱۳ میلیمتر نسبت به ابعاد نقشه‌های طراحی قرار گیرند. محل تغییر در ضخامت دیواره این اعضای مهاری، باید در محدوده رواداری ۲۵± میلیمتر نسبت به محل نشان داده شده در نقشه‌های طراحی باشند. سایر مهاربندیها، باید طوری اجرا شوند که نقاط انتهایی آنها، در محدوده ۱۳± میلیمتر نسبت به نقاط طراحی شده باشد.

۷-۶-۴-۴ تیرهای عرشه

محورهای تیرهای عرشه در دو سر انتهایی، باید در محدوده ۱۳ میلیمتر نسبت به محل آنها در نقشه باشد. در هیچ نقطه‌ای در طول محور تیر، خروج از محور نباید بیشتر از ۱۹ میلیمتر نسبت به افق و ۱۳ میلیمتر نسبت به قائم باشد.

تیرهای عرشه باید به گونه‌ای نصب شوند که بال بالایی، تراز بوده و یا دارای شیب مشخص شده در نقشه‌ها باشد. عدم تطابق در ارتفاع تیر با خروج از تراز بال، در حد رواداریهای مجاز ساخت قابل قبول می‌باشد. تیرهای عرشه باید طوری نصب شوند که جان آنها شاغول باشد. تغییرهای به وجود آمده در تیرهای عرشه ناشی از جوشکاری، باید به گونه‌ای اصلاح شوند که رواداریهای مورد نظر در این بخش رعایت گردند.

۷-۶-۴-۵ تیرهای پوششی

محورهای تیرهای پوششی در دو انتهای خود، می‌توانند تغییراتی در محدوده ۱۳± میلیمتر نسبت به نقشه داشته باشند. در هیچ نقطه‌ای در طول محور، تیر پوششی نباید دارای خروج از محور بیشتر از ۱۰ میلیمتر نسبت به افق و ۶ میلیمتر نسبت به قائم باشد.

تیرهای پوششی، باید به گونه‌ای نصب شوند که بال بالایی آنها تراز باشد. عدم تطابق در ارتفاع تیر به خاطر رواداریهای ساخت در کارخانه، باید با استفاده از ورقهای لقمه بین تیرها و ستونها جبران شود. تیرهای مذکور باید چنان نصب شوند که جان آنها شاغولی باشد.

omoorepeyman.ir

۷-۶-۴-۶ شبکه‌ها

اتصالات شبکه و چارچوبهای فولادی، باید فقط در محل تکیه‌گاهها اتفاق افتد، مگر این که جزئیات دقیق و مناسب توسط طراح در نقشه‌ها مشخص شده باشد.

۷-۶-۴-۷ پله‌ها و پاگردها

لازم است محلهای پله‌ها و پاگردها از نظر افقی نسبت به نقشه‌های طراحی، در محدوده ۷۶ میلیمتر تغییر نمایند.

۷-۶-۴-۸ شمعها

حداقل طول یک قطعه از شمع که برای ساخت شمعها به کار می‌رود، باید برابر قطر شمع یا یک متر (هر کدام کمتر است) باشد. در اتصال دو قطعه شمع به یکدیگر، باید به گونه‌ای عمل شود که خطوط طول جوش جان قطعات مختلف، حداقل به اندازه ۹۰ درجه از یکدیگر دور باشند.

حداکثر انحراف از مستقیم بودن مجاز در هر ۳ متر از طول شمعها، ۳ میلیمتر می‌باشد. برای طولهای بیش از ۳ متر، حداکثر انحراف مجاز طول کلی را می‌توان از رابطه زیر محاسبه نمود:

$$\left(\frac{\text{total length}}{10}\right)*3\text{mm} \qquad (۸۲)$$

در هر حال این مقدار نباید بیش از ۱۰ میلیمتر در هر ۱۲ متر طول باشد. روش آزمون مستقیم بودن شمعها، باید توسط سیم کشیده شده در طول شمع صورت گیرد و این آزمون باید حداقل در ۳ نقطه شعاعی مختلف تکرار گردد.

طول قطعات شمع ساخته شده، می‌تواند دارای رواداری حداکثر برابر (۰/۵٪) طول نشان داده در نقشه‌ها باشد. انحراف مقطع شمع از دایره‌ای بودن، باید مطابق ضوابط **API spec 2B** باشد.

omoorepeyman.ir

۷-۷ تمهیدات لازم برای اتصالات دوغابی

سطوح فولادی شمعها و سازه‌هایی که توسط دوغاب به هم متصل می‌شوند، باید فاقد هر نوع آلودگی نظیر لعاب، گریس، روغن و هر نوع ماده‌ای که باعث کاهش اثر اتصال فولاد و دوغاب می‌گردد، باشند. این موضوع بخصوص وقتی که از قطعات برشی اضافی استفاده نمی‌شود، بیشتر اهمیت دارد.

برای جلوگیری از آسیب دیدن سطوح ناشی از حمل و نقل و حرارتهای بالا، لازم است دقت کافی در بسته‌بندی به عمل آید. همه مواد زاید، باید از پایه سکو زایل گردند تا از آسیب دیدن در حین آب اندازی و نصب پایه جلوگیری گردد.

۸-۷ متعلقات موقت

باید تا جایی که امکان دارد تمامی متعلقات موقت سازه نظیر داربستها و لوازم ساخت و نصب، محدود گردند. اگر چنین متعلقاتی ضروری باشند، شرایط زیر باید رعایت گردد:

الف: متعلقات و زواید، نباید توسط چکش یا هواجوش جدا شوند. زواید اتصالات پایه، اتصالات مهاریها و اتصالات حلقه‌های تقویت کننده، باید با مشعل در فاصله ۳ میلیمتر بالاتر از فلز اصلی، بریده شده و به صورت مکانیکی صاف گردند.

ب: لازم است زواید تمامی قسمتهایی که باید رنگ شوند، قبل از رنگ مطابق روش مذکور حذف گردند. زواید دیگر قسمتها که در بالا مورد اشاره قرار نگرفتند، باید درست بالای زایده توسط مشعل بریده شوند. فولاد زاید باقیمانده، باید به طور کامل توسط جوش پوشانده شود.

ج: زواید کمکی برای سر هم کردن پایه‌ها، مهاریها، غلافها، شمعها و لوله‌های هادی، باید طوری حذف شوند که یک سطح صاف داشته باشند.

omoorepeyman.ir

۷-۹ حفاظت در مقابل خوردگی

۷-۹-۱ پوششها

اگر نحوه حفاظت در مقابل خوردگی توسط طراحی مشخص نشده باشد، کاربرد پوششهای مختلف باید مطابق استاندارد **NACE RP-01** باشد، مگر آن که مشخصات دیگری توسط طراحی در نظر گرفته شده باشد.

۷-۹-۲ حفاظت ناحیه پاشش

برای حفاظت ناحیه پاشش، از روشهای مختلفی نظیر پوشش **Monel**، پوشش فولادی و افزایش ضخامت فولاد استفاده می‌گردد. این‌گونه پوششها، باید طبق مشخصات فنی نصب گردند و کلیه مناطقی را که در نقشه‌ها مشخص شده‌اند، دربر گیرند.

۷-۹-۳ حفاظت کاتدیک

اجزای سیستم حفاظت کاتدیک، روش نصب و روش تقسیم‌بندی آنها، باید مطابق نقشه‌ها و یا مشخصات فنی باشد.

۷-۱۰ کنترلهای ابعادی

در طول عملیات ساخت سکوها، لازم است کنترلهای ابعادی لازم صورت گیرد تا رعایت رواداریهای ساخت که در این فصل از آیین‌نامه تعیین شده‌اند، محرز گردد. از این رو، پیمانکار ساخت باید در شروع عملیات، رویه پیشنهادی خود را برای انجام کنترلهای ابعادی ارایه دهد و پس از تأیید کارفرما، آن را به اجرا گذارد. در این رویه، کنترلهای ابعادی مورد نظر، موقعیت اندازه‌گیریها در مورد اعضای زیر مجموعه و سازه نهایی مونتاژ شده به همراه ابزار و تجهیزات مورد نظر برای انجام عملیات، باید مشخص شوند.

omoorepeyman.ir

۷-۱۱ مدارک و سوابق

پیمانکار ساخت، باید گواهیهای کارخانه‌های نورد تولید کننده فولاد را نگهداری نماید. در ضمن کلیه مدارک مربوط به شناسایی و ردگیری فولاد نیز باید در مجموعه‌ای نگهداری شوند. در طول انجام عملیات ساخت، احتمال بازنگری و انجام تغییرات در نقشه‌های طراحی وجود دارد. مدارک کلیه تغییرات و جایگزینی‌های انجام شده در مصالح، باید حفظ شوند.

در پایان عملیات ساخت، نقشه‌های طبق ساخت باید وضعیت نهایی سازه ساخته شده شامل کلیه تغییرات انجام شده در طول عملیات ساخت نسبت به نقشه‌های طراحی را نشان دهند. همراه با نقشه‌های مذکور، کلیه مدارک مربوط به تولید کالا، شناسایی و ردگیری مصالح و بازرسیهای انجام شده در طول عملیات ساخت، باید به عنوان مدارک نهایی در مجموعه‌ای توسط پیمانکار ساخت، ارایه شوند.

omoorepeyman.ir

۸

حمل و نصب سکوهای دریایی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۸-۱ کلیات

مراحل مختلف نصب یک سکوی فلزی، در این فصل مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرند. عملیات نصب سکو شامل بارگیری و انتقال اجزای مختلف سکو به محل مورد نظر، قرار دادن سکو در محل، سوار کردن اجزای مختلف سکو و ایجاد یک سازه مقاوم مطابق نقشه‌ها و مشخصات فنی می‌باشد. عملیات حمل و نصب یک سکو، باید به گونه‌ای انجام گیرد که هدف مورد نظر برای طراحی آن را تأمین نماید.

۸-۱-۱ برنامه‌ریزی

برای هر یک از مراحل نصب، باید برنامه کاری تهیه گردد که دربر گیرنده روش و رویه بارگیری، مهار سکو در حین حمل، آب اندازی، نصب جاکت، شمع‌کوبی و نصب عرشه و تجهیزات باشد. برنامه ممکن است به صورت توضیحی، مشخصات فنی و یا نقشه باشد. بسته به پیچیدگی مراحل مختلف، ممکن است نیاز به دستورالعملهای جزئی‌تر نظیر نحوه تزریق، شمع‌کوبی، جوشکاری و بازرسی باشد. در دستورالعملهای تهیه شده، باید هرگونه محدودیت در عملیات ناشی از شرایط محیطی، پایداری بارج و یا مقاومت سازه‌ای قید گردد.

برنامه عملیات نصب، به مراحل مختلف تقسیم می‌شود. به طور مثال می‌توان به مرحله بارگیری مهار سکو در حین حمل دریایی، عملیات انتقال و مرحله نصب اشاره نمود. هر سازمان یا پیمانکاری که مسئولیت انجام عملیات هر مرحله را به عهده دارد، باید برنامه عملیات آن مرحله را تهیه نموده و در قالب رویه‌ای ارایه نماید و پس از تأیید به مورد اجرا گذارد.

۸-۱-۲ نیروهای نصب و تنشهای مجاز

نیروهایی که در هر یک از مراحل حمل و نصب در نظر گرفته می‌شوند، بر مبنای ضوابط ارایه شده در بند ۲-۴ محاسبه شوند. ضروری است تحلیلهای لازم صورت گیرد تا اطمینان حاصل گردد که طراحی

omoorepeyman.ir

سازه‌ای برای مقاومت در مقابل نیروهای حین نصب و ترکیب آنها کافی است. تنشهای مجاز اعضای سازه‌ای، بر اساس ضوابط فصل ۳ محاسبه می‌شوند.

۸-۱-۳ مهاربندی و تجهیزات موقت

روند محاسبات نیرو، ضرایب بار، تنشهای مجاز و ضرایب اطمینان برای اجزای قسمتهای مختلف سازه، در بند ۲-۴ ارایه شده است. اگر در حین عملیات حمل و نصب نیاز به هرگونه وسایل، تجهیزات و سازه‌های موقت باشد، همان روند باید به کار گرفته شود. اگر نصب هر وسیله اضافی و یا سازه‌های موقت نیاز به جوشکاری داشته باشند، باید تمامی جوشها مطابق ضوابط فصل ۷ انجام گیرند. همچنین برچیدن این وسایل و سازه‌های موقت باید مطابق با ضوابط آن فصل صورت گیرند.

۸-۱-۴ ثبت و تهیه مدارک

در حین مراحل مختلف عملیات حمل و نصب، تمامی گزارشهای روزانه، لوگها، گزارش آزمایشها، داده‌های ثبت شده شمع‌کوبی و غیره، باید تهیه و جمع‌بندی گردند. این مدارک همچنین باید تمامی مواردی را که طبق دستورالعملها و نقشه‌های طراحی عمل نشده‌اند را ثبت نمایند. همچنین تمامی شرایط غیر معمول جوی، باید ثبت و گزارش گردند. تمامی تغییرات در محل کار باید ثبت شده و به عنوان مدرک، طبق ساخت سازه گزارش شوند.

۸-۲ بارگیری سکوها

۸-۲-۱ کلیات

عملیات بارگیری سکوها، اغلب توسط پیمانکار ساخت انجام می‌شود. عملیات مذکور باید بر اساس رویه‌ای که جزئیات عملیات را تشریح نموده و توسط پیمانکار ارایه شده باشد، پس از تصویب انجام شود.

۸-۲-۲ نیازمندیهای عملیات بارگیری

قبل از انجام عملیات، باید اطلاعات زیر به صورت کامل در دسترس باشد:

omoorepeyman.ir

الف: اطلاعات مربوط به سازه مورد بارگیری شامل نقشه‌های طبق ساخت، گزارش وزن و محاسبات سازه‌ای که در خصوص عملیات بارگیری انجام شده‌اند.

ب: اطلاعات مربوط به یارد.

اطلاعات مذکور در حالتهایی که بارگیری به طریق کشیدن و سر دادن و یا تجهیزاتی از قبیل تریلر یا بوژی انجام می‌شود، حیاتی می‌باشند. این اطلاعات باید شامل میزان مقاومت اسکله و حداکثر بارهای قابل تحمل آن و مشخصات فنی مربوط به بولاردهای موجود یارد باشند. در ضمن اطلاعات مربوط به ترازهای آب دریا، تغییرات جزر و مد و پشت آنها به تراز یارد، باید در دسترس باشند.

ج: اطلاعات مربوط به بارج که شامل گواهیها، نقشه‌ها، جداول هیدروستاتیکی و مشخصات مخازن، بولاردها و پمپهای احتمالی موجود در بارج می‌باشد. در ضمن میزان مقاومت عرشه بارج نیز باید معین شده و ایمنی بارج برای تحمل بارهای حین عملیات، نشان داده شود.

د: اطلاعات مربوط به تجهیزات مورد استفاده شامل جراثقالها، تریلر، بوژیها، بنچها، جکها و پمپها.

در مواردی که بارگیری با استفاده از روش کشیدن و سر دادن و یا با تجهیزاتی از قبیل تریلر یا بوژی انجام می‌شود، محاسبات مربوط به پر و خالی کردن مخازن و پایداری بارج در حین عملیات از اهمیت فراوانی برخوردار بوده و باید بر اساس اطلاعات مربوط به وزن سازه‌ها، مشخصات بارج و تغییرات جزر و مد صورت گیرد. در این حالت محاسبات مربوط به مهار بارج نیز باید انجام شود و با توجه به مشخصات بولاردهای بارج و یارد شرایط محیطی محدود کننده، برای عملیات بارگیری تعیین شده و ضمن انعکاس در رویه‌ها، در طول عملیات رعایت گردد. در رویه بارگیری باید تمهیدات لازم در خصوص خرابی احتمالی تجهیزات، پیش‌بینی شده و امکان باز پس کشیدن سازه در طول عملیات وجود داشته باشد.

omoorepeyman.ir

۸-۲-۳ مهاربندی دریایی

پس از تکمیل عملیات بارگیری، مهاربندی سکوها برای حمل دریایی باید انجام شود. مهاربندی مذکور، باید بر اساس محاسبات و نقشه‌های مصوب انجام شود. مصالح و روشهای جوشکاری مورد استفاده در عملیات مذکور نیز باید طبق مشخصات فنی، تأیید شده باشد.

۸-۳ حمل سکوها

۸-۳-۱ کلیات

انتقال اجزای مختلف یک سکو از یارد ساخت سکو به محل نصب، شامل یک سلسله اعمال پیچیده می‌باشد. از این رو لازم است برنامه‌ریزی دقیق برای این کار صورت گیرد. مواردی که در این رابطه باید در نظر گرفته شوند، بستگی به سکویی دارد که باید حمل شود. مواردی که در ادامه می‌آید، باید در نظر گرفته شوند.

۸-۳-۲ حمل سکوهای شابلونی

یک سکوی شابلونی متشکل از جاکت، شمعها، سازه عرشه و دیگر تجهیزات ضروری می‌باشد. اغلب اجزای مذکور، توسط بارج به محل نصب سکو منتقل می‌شوند. انتقال به صورت خودشناوری، در بعضی شرایط نیز ممکن است مورد نظر قرار گیرد. ملاحظات مربوط به هر یک از دو روش، در ادامه بیان می‌گردند.

۸-۳-۲-۱ حمل به وسیله بارج

در صورتی که سکو به وسیله بارج حمل گردد، باید بارجهای مناسب به تعداد کافی تهیه گردند. اجزای مختلف سکو، روی بارجهای مخصوص قرار گرفته و تا محل نصب حمل می‌شوند. بارجهای انتخاب شده باید دارای ابعاد مناسب و مقاومت کافی باشند تا اطمینان حاصل شود که پایداری، تنشهای استاتیکی و دینامیکی وارد بر بارج و نیروهای حین بارگیری و حمل، در محدوده مقادیر قابل قبول قرار

omoorepeyman.ir

دارند. اگر بخش جاکت سکو، بدون استفاده از جرثقیل شناور به آب انداخته شود، بارج آب اندازی باید قادر به انجام این کار باشد.

اجزای مختلف سکو، باید به گونه‌ای روی بارج قرار گیرند که نسبت به تعادل و پایداری آن اطمینان حاصل گردد. محاسبات پایداری بارج، باید بر اساس دستورالعملهای ارایه شده در استانداردهای سازمان بین‌المللی دریایی باشد. عملیات پر کردن مخازن شناور برای رسیدن به آب‌خور و تریم لازم، باید در محل پهلوگیری و قبل از آغاز کار بستن سکو به بارج شروع شود و یا این کار، در محل محافظت شده و قبل از رسیدن به دریای آزاد صورت گیرد.

تنشهای دینامیکی و استاتیکی وارده بر بارج به خاطر بارگیری، حمل و به آب اندازی سکو، باید منطبق بر یکی از استانداردهای معتبر در این زمینه، نظیر **AISC** و یا **API RP 2V** باشند.

۸-۳-۲-۲ حمل به صورت شناور

ممکن است سکو به نحوی طراحی شود که دارای شناوری کافی باشد و بتوان آن را بر سطح آب به گونه‌ای قرار داد که قسمت قابل توجهی از آن، خارج از آب باشد. در این حالت می‌توان بدون استفاده از بارج، یدک‌کش را به طور مستقیم به سکو متصل نموده و آن را تا محل نصب کشید. این روش در صورت عدم دسترسی به بارج مناسب به کار گرفته می‌شود. سکوهایی که می‌توان با این روش آنها را به محل نصب انتقال داد، سه دسته هستند:

۸-۳-۲-۲-۱ سکوهای با شناوری کافی

در این سکوها قطر پایه‌های اصلی در یک طرف، بزرگتر بوده و شبیه به یک پانتون عمل می‌کنند و از این رو، شناوری لازم را فراهم می‌کنند. این پایه‌ها قسمتی از سازه بوده و بعد از نصب نیز متصل به سکو باقی می‌مانند. این سکوها اغلب در حوضچه‌های خشک ساخته می‌شوند و بعد از اتمام مراحل ساخت، شناور می‌شوند. در موقع نصب این سکوها، سکو باید به حالت قائم دوران داده شود. به علت بزرگ بودن این نوع سکوها، اغلب استفاده از جرثقیلهای شناور امکان‌پذیر نیست و تنها با استفاده از سنگین کردن سکو، عملیات نصب انجام می‌شود.

omoorepeyman.ir

۸-۳-۲-۲-۲ سکوهای با شناوری موقت

سکو ممکن است دارای شناوری کافی نباشد که در این صورت برای جبران شناوری لازم، در کارگاه پانتونهایی به آن متصل می‌شود تا شناوری سکو افزایش یابد. مراحل بعدی عملیات انتقال و نصب، شبیه حالت قبل است ولی پس از نصب سکو، پانتونهای اضافی از آن جدا می‌شوند. اتصالات این پانتونها و سکو، باید به نحو مناسبی طراحی شوند تا در مرحله جداسازی آنها، صدمه‌ای به سازه اصلی وارد نشود.

۸-۳-۲-۲-۳ سکوهای با شناوری موقت خارج از محل ساخت

بعضی مواقع به خاطر شرایط کارگاه ساخت سکو و کم‌عمق بودن آب نزدیک کارگاه ساخت، لازم است سکو با شناوری اضافی به آبهای عمیق انتقال یابد. این شناوری اضافی توسط یک یا چند بارج تأمین می‌شود و پس از رسیدن به آبهای عمیق، بارجها به طور کامل غوطه‌ور می‌شوند و سکو تنها با شناوری خود بر روی آب باقی مانده و تا محل نصب کشیده می‌شود.

۸-۳-۳ حمل سکوهای نوع برجی

سکوهای از نوع برجی، شامل یک سازه برج می‌باشند که اغلب به صورت شناور به محل مورد نظر حمل گشته و با پر کردن آب، در محل خود قرار می‌گیرند. این زیرسازه را، جاکت هم می‌نامند. چنین سازه‌ای دارای چند شمع و یک روسازه (عرشه) می‌باشد. در انتقال این نوع سازه، علاوه بر ملاحظاتی که برای سکوهای نوع شابلونی وجود دارد، باید موارد زیر را نیز در نظر گرفت:

الف: آب‌بندی

آب‌بندی برج باید قبل از شروع حرکت یدک‌کش انجام گیرد.

ب: کنترل آب‌گیری

موقعیت و محل دسترسی تمامی شیرهای کنترل برای آب‌گیری و غرقاب کردن مطمئن، باید به دقت مورد بررسی قرار گیرد. همچنین محافظت دستگاههای کنترل در مقابل شرایط بد جوی و عملیاتی، باید در نظر گرفته شود.

ج: آزمایش روی مدل و تحلیل

omoorepeyman.ir

آزمایشهای لازم روی مدل و محاسبات دقیق برای سازه واقعی باید انجام گیرد تا پایداری حین انتقال و نصب مشخص گردد.

۸-۳-۴ یدک‌کشها

یدک‌کشهای مورد استفاده جهت حمل سازه‌ها و یا بارجها، باید به صورت مناسب انتخاب شوند. این یدک‌کشها باید دارای گواهیهای لازم بوده و توسط یک سازمان معتبر، طبقه‌بندی شده باشند. در ضمن باید به بنچها و تجهیزات ناوبری مناسب مجهز باشند.

۸-۴ جدا کردن جاکت از بارج

۸-۴-۱ کلیات

در این بند، چگونگی جدا کردن یک سکوی نوع شابلونی پس از حمل توسط بارج به محل مورد نظر، بیان می‌گردد. همان‌گونه که اشاره شد، جدا کردن سکو اغلب با بلند کردن توسط جرثقیل شناور و یا آب اندازی صورت می‌گیرد. این عملیات مقدمه عملیات نصب است. جزئیات عملیات مذکور باید در یک رویه جامع توسط پیمانکار نصب ارایه شده و مورد تأیید قرار گیرد.

۸-۴-۲ بلند کردن سکو

سکو باید بر اساس ضوابط ارایه شده در بندهای قبل، به گونه‌ای طراحی گردد که امکان بلند کردن و قرار دادن آن در آب وجود داشته باشد. برای جلوگیری از آسیب احتمالی به بارج یا سکو در حین بلند کردن جرثقیل، تعدادی کابل در بخش بالاتر از مرکز ثقل جاکت سکو متصل می‌کنند.

عملیات به وسیله یک یا دو جرثقیل شناور صورت می‌گیرد و کابلهای اتصال مورد نظر، از قبل به سکو نصب می‌شود تا کارهای دریایی به حداقل برسد. پس از آماده شدن مقدمات کار، مراحل بلند کردن و در آب قرار دادن سکو، به شرح زیر انجام می‌گیرد:

الف: بارج به کنار جرثقیل شناور منتقل شده و در موقعیت مورد نظر مهار می‌شود.

ب: اتصالات سکو به بارج بریده می‌شود و سکو توسط کابلهای جرثقیل نگهداری می‌شود.

omoorepeyman.ir

ج: جرثقیل شروع به بلند کردن سکو می‌نماید و پس از جدا شدن کامل سکو از بارج، با استفاده از یدک‌کش، بارج از محل عملیات دور می‌شود.

د: جرثقیل، سکو را یا به صورت شناور در دریا و یا به طور مستقیم روی بستر، قرار می‌دهد.

هـ : در مورد سکوهای شناور، در ادامه مرحله قائم‌سازی انجام می‌شود.

و: عملیات فوق باید در شرایط جوی مناسب انجام گیرد.

۸-۴-۳ آب اندازی مستقیم

انتخاب روش آب اندازی به صورت مستقیم از روی بارج و یا بلند کردن آن توسط جرثقیل، بستگی به موجود بودن جرثقیل و یا بارج مناسب دارد. با این وجود، برای سکوهای بزرگ به علت سنگین بودن و داشتن ابعاد زیاد، اغلب، استفاده از جرثقیل مقدور نیست و باید سکو را با سُر دادن از روی بارج به آب انداخت.

بارج مخصوص آب اندازی، باید مجهز به وسایل لازم نظیر ریل آب اندازی، سیستم کنترل دقیق تعادل، پر و خالی کردن آب، سیستم هیدرولیکی و وینچ باشد. جاکتی که به این طریق به آب انداخته می‌شود، باید به گونه‌ای طراحی شود که بتواند تنشهای ناشی از آب اندازی را تحمل نماید. این کار ممکن است با تقویت اعضایی که تحت تنش اضافی قرار می‌گیرند، صورت گیرد و یا این که یک خرپای خاص اضافی طراحی گردد. خرپای اخیر را خرپای آب اندازی می‌نامند. بعضی مواقع ممکن است ترکیب این دو روش لازم باشد. در عملیات آب اندازی، اغلب مراحل زیر انجام می‌گیرد:

الف: یک یدک‌کش به بارج متصل می‌ماند تا در صورت ضرورت، آن را کنترل کند.

ب: در صورتی که قرار است از جرثقیل شناور برای نصب کمک گرفته شود، این جرثقیل در فاصله مناسب از محل به آب اندازی قرار می‌گیرد و یک کابل از جرثقیل به سکو متصل می‌شود.

ج: بارج به وسیله سیستم تعادل (پر و خالی کردن قسمتهای مختلف) بین ۳-۲ درجه تریم با پاشنه، درمی‌آید تا به آب اندازی، سهل‌تر و آرام‌تر صورت گیرد.

د: در طول زمان رسیدن به تریم مناسب، اتصالات سکو به بارج بریده می‌شود.

هـ : اتصالات قسمت پاشنه، پس از اتمام تمامی مراحل و نهایی شدن آب اندازی بریده می‌شوند.

omoorepeyman.ir

و: پس از قطع تمامی اتصالات، سکو به وسیله وینچها و یا جکهای هیدرولیکی، به سمت آب هل داده می‌شود و کم‌کم با وارد شدن سکو به آب و افزایش تریم بارج، سرعت حرکت بیشتر می‌شود.

ز: پس از شناور شدن سکو، با استفاده از یدک‌کشها و یا جرثقیل شناور، سکو به محل نصب کشیده می‌شود.

ح: سکویی که قرار است با روش به آب اندازی نصب گردد، باید پس از به آب انداختن به صورت مستقیم و شناور باقی بماند. از این رو تعادل و پایداری آن باید به خوبی مورد بررسی قرار گیرد. پس از ساخت سکو، وزن و مرکز ثقل آن ممکن است نسبت به مقدار پیش‌بینی شده، تغییرات جزئی نماید. همچنین مسایل دیگری نظیر اضافه وزن ناشی از جوشکاری هم مهم هستند و باید مد نظر قرار گیرند. برای در نظر گرفتن این موارد، لازم است پایداری سکو در حالتهای مختلف (وزن و مرکز ثقلهای متفاوت) مورد بررسی قرار گیرند. همچنین پایداری در حالت صدمه دیدن مانند از بین رفتن شناوری یکی از پایه‌ها، باید مورد بررسی قرار گیرد.

۸-۵ عملیات درجا قرار دادن

این بند، دربر گیرنده عملیات قائم‌سازی، قرار دادن در محل و مونتاژ قسمتهای مختلف یک سکو می‌باشد، به گونه‌ای که سازه در محل و جهت مورد نظر قرار گیرد و بتواند اهداف مورد انتظار را برآورد نماید. جزئیات عملیات مذکور، باید در رویه‌ای که توسط پیمانکار نصب تهیه می‌شود، ارایه شده و مورد تصویب قرار گیرد.

۸-۵-۱ قائم‌سازی

سکوها اغلب به صورت افقی روی بارج قرار می‌گیرند و پس از آب اندازی نیز به صورت افقی باقی می‌مانند. از این رو لازم است ابتدا سکو به حالت قائم دوران داده شود و سپس روی بستر دریا قرار گیرد. عملیات قائم‌سازی، با کمک جرثقیل شناور و در صورت لزوم با استفاده از غرقاب کردن برخی از اجزا صورت می‌گیرد. اگر وزن و ابعاد سکو بزرگ باشد، لازم است دقت زیادی در انجام این مراحل صورت گیرد، زیرا از نظر هندسی و ظرفیت، محدودیتهایی برای کار جرثقیل وجود دارد.

omoorepeyman.ir

پس از عمودی شدن سکو، با استفاده از سیستم پر و خالی کردن اجزایی که در تأمین شناوری مؤثر هستند، می‌توان آب‌خور مناسبی برای سکو به وجود آورد، طوری که دارای پایداری کافی باشد و بتواند تا مرحله فراگیری بر بستر دریا منتظر بماند.

۸-۵-۲ قرار دادن سکو بر بستر دریا

پس از اتمام مرحله قائم‌سازی، سکو باید در محل دقیق مورد نظر قرار گیرد و بعد از پر کردن اجزایی که تأمین کننده شناوری هستند، به آرامی بر روی کف دریا قرار گیرد. در شرایطی که سکو قسمتی از یک تأسیسات بزرگ باشد، می‌توان با توجه به موقعیت قسمتهای ساخته شده قبلی، محل دقیق سکو را مشخص کرد. در مورد سکوهای منفرد، لازم است موقعیت‌یابی دقیق صورت گیرد.

در هنگام نصب سکو روی یک چاه موجود، قسمت سرچاهی باید به طور مقتضی و مناسب، در مقابل صدمات احتمالی ناشی از برخورد پایه حفاظت گردد. برنامه‌ریزی و آماده‌سازی باید به اندازه‌ای دقیق باشد که احتمال خسارت به چاه و سازه را به حداقل ممکن برساند.

۸-۵-۳ تنظیم ارتفاع سکو

قرار گرفتن سکو در محل از نظر موقعیت، تراز مبنا و قائم بودن، باید در محدوده رواداریهای پیش‌بینی شده در برنامه نصب باشد و پس از آن، عملیات شمع‌کوبی آغاز شود. پس از تنظیم ارتفاع سکو، باید دقت لازم برای حفظ تراز و قائم بودن در حین عملیات شمع‌کوبی صورت گیرد. تا جایی که امکان دارد، از تنظیم تراز پس از اتمام شمع‌کوبی باید پرهیز کرد. با این حال ممکن است تراز کردن سکو با استفاده از جک یا بلند کردن پس از کوبیدن چند شمع ضرورت داشته باشد. در این حالت لازم است تدابیر لازم برای به حداقل رساندن تنش خمشی وارد بر شمعها اتخاذ گردد.

۸-۵-۴ وزن سکو روی بستر

بارگذاری خاک در زیر پایه‌های جاکت قبل از شمع‌کوبی و ایجاد پی دایمی، ممکن است بحرانی باشد. توزیع بار روی خاک باید با در نظر گرفتن ترکیبهای مختلف وزن اضافی قطعات شمع که در مرحله شمع‌کوبی، از بالای جاکت در داخل پایه‌ها آویزان شده و به اجبار توسط جاکت نگهداری می‌شوند،

omoorepeyman.ir

محاسبه شود. در مورد خاکهایی که مقاومت آنها با افزایش عمق زیاد می‌شود، بخصوص رسهای نرم و ماسه‌های فاقد چسبندگی، روش محاسبه ظرفیت باربری صفحه بستر، باید مواردی از قبیل وجود یا عدم وجود و اندازه سوراخهای موجود در صفحه بستر را در نظر گیرد.

افزایش در بارگذاری خاک ناشی از موجهای دارای ارتفاع بیشتر، در طول عملیات نصب نیز باید در محاسبات، در نظر گرفته شود. محاسبات ظرفیت باربری، باید اثر توأم نیروهای قائم، افقی و لنگرهای وارده را در نظر بگیرد. در حالت بارگذاری نامتقارن در پایه‌های سکو، امکان دارد در اثر کاهش سختی خاک در زیر پایه‌ای که تحت اثر بارهای بزرگتر قرار گرفته است، از میزان بارهای مذکور کاسته شده و مابه‌التفاوت، به پایه‌های دیگر منتقل شود.

ضرایب اطمینان در نظر گرفته شده برای ظرفیت خاک، در حالت بارهای ثقلی به تنهایی، حداقل برابر ۲ و درحالت بارهای وارده در اثر شرایط محیطی در نظر گرفته برای دوران نصب، حداقل برابر ۱/۵ می‌باشند.

۸-۵-۵ نصب سیستمهای مهاری

برای عملیات نصب و اجرای اجزای مربوط به سیستمهای مهاری دریایی، لازم است از تجهیزات و وسایل مناسب استفاده گردد. در طراحی تجهیزات مورد استفاده برای هدایت و کشیدن طنابها و کابلهای مهاری، باید ضوابط حداقل شعاع خمش مورد توجه باشد. وسایل نصب باید قادر به اعمال کشش لازم برای نصب سیستم باشند. برای پایین بردن و قرار دادن لنگرها و وزنه‌های مهاری، ممکن است استفاده از وسایل خاص ضروری باشد.

ممکن است در برنامه نصب سیستم مهاری، حداقل رواداریها پیش‌بینی شده باشد، بنابراین لازم است حداکثر کنترل در نصب اجزای مختلف سیستم به کار رود. باید دقت شود تا از اجرای نادرست سیستم جلوگیری گردد. مسایل مربوط به افزایش طول و پیچش سیستم مهاری، باید در نظر گرفته شوند. ممکن است لازم باشد خطوط مهار، از قبل تحت کشش قرار گیرند تا در مقابل نیروهای مختلف حین نصب بهتر عمل نمایند. در نتیجه، وسایل کشش باید قادر به اعمال چنین پیش بارگذاریهایی باشند.

omoorepeyman.ir

۸-۵-۶ سایر ملاحظات

شناور عملیاتی دارای جرثقیل، باید دارای گواهیهای لازم بوده و برای انجام عملیات مورد نظر، کلاس‌بندی شده باشد. الگوی لنگراندازی این شناور در حین عملیات نصب، باید با محاسبات لازم مشخص شده و الگوی مذکور در طول عملیات رعایت شود. دریافت مرتب گزارشهای هواشناسی و پیش‌بینی شرایط جوی و دریایی در طول عملیات، ضروری است. عملیات تنها در شرایطی باید صورت گیرد که پیش‌بینیها نشان دهند که شرایط از شرایط محدود کننده عملیات که در محاسبات معلوم شده و در رویه‌ها منعکس شده است، تجاوز نمی‌نماید.

قبل از شروع عملیات جاگذاری سکو و پس از انجام آن، شرایط بستر باید با استفاده از غواصها و یا تجهیزات کنترل از راه دور، مورد بررسی قرار گرفته و قبل از عملیات، از عدم وجود مواد اضافی و پس از عملیات، از شرایط مناسب قرارگیری صفحات بستر بر روی بستر اطمینان حاصل شود. رواداری درجا قرار دادن سکوها، باید در مشخصات فنی پروژه ذکر شده و در عملیات رعایت شود. برای رعایت رواداریهای مذکور، باید تجهیزات و رویه‌های مناسب به کار گرفته شوند و رواداریهای مذکور نباید از مقادیر زیر تجاوز نمایند:

الف: رواداری موقعیت نصب برای سکوهایی که برای اولین بار در یک سایت جدید نصب می‌شوند برابر ۸ متر از موقعیت معین شده در نقشه‌ها و برابر ۱ متر در مورد سکوهایی که در یک سایت موجود در مجاورت سکوهای موجود نصب می‌شوند.

ب: رواداری جهت سکو در مورد سکوهایی که برای اولین بار در یک سایت نصب می‌شوند برابر 3° و برای سکوهایی که در مجاورت سکوهای موجود نصب می‌شوند برابر 1°.

ج: رواداری مربوط به میزان مجاز مایل بودن سکو و انحراف از حالت قائم برابر $0/5^{\circ}$.

omoorepeyman.ir

۸-۶ نصب شمعها

۸-۶-۱ کلیات

اجرای مناسب شمعها برای عملکرد سکو در طول عمر مفید آن بسیار اساسی می‌باشد و این موضوع مستلزم آن است که هر شمع تا عمق طراحی، کوبیده شود و اتصال آن با سازه طبق مشخصات فنی برقرار گردد. مقاطع شمع باید به گونه‌ای علامت‌گذاری گردند تا ترتیب مناسبی برای شمع‌کوبی فراهم گردد. در صورتی که از ابزارهایی برای بستن انتهای پایه جاکت برای ایجاد شناوری استفاده شود، باید اطمینان حاصل شود که این ابزار برای نصب شمعها مزاحمتی به وجود نخواهند آورد.

۸-۶-۲ هادیهای شمع‌کوبی

برای این که بتوان شمع‌کوبی در بستر دریا را با دقت لازم انجام داد، لازم است قطعات هم‌راستایی که از بالا اضافه می‌شوند، به طور مناسبی نگهداری و هدایت شده و به قطعات قبلی متصل گردند. برای این امر لازم است حداقل فاصله بین شمعها و هادیها پیش‌بینی شود. هادیها باید قادر به تحمل تمامی وزن شمعهای اضافه شده از بالا، قبل از جوشکاری باشند.

۸-۶-۳ روش بلند کردن شمع

برای تسهیل در بلند کردن شمعها اغلب از گوشواره جوشکاری شده استفاده می‌گردد که در طراحی آنها، باید اثر ضربه و وارد شدن تنشهای زیاد در حین بلند کردن اولیه شمع لحاظ گردد. اگر از گوشواره یا دسته برای نگهداشتن شمع در بالای جاکت (تا انجام کامل جوشکاری) استفاده می‌گردد، باید اثر تمامی وزن شمع معلق روی یک حلقه، در نظر گرفته شود. حلقه‌ها و وسایل کمکی بلند کردن و نگهداری شمعها، باید پس از اتمام عملیات شمع‌کوبی بریده و زدوده شوند.

غیر از گوشواره و یا دسته‌هایی که در بالا به آنها اشاره شد، می‌توان از وسایل خاصی برای بلند کردن نیز استفاده کرد که باید ابعاد و ظرفیت تحمل بار آنها، برای عملیات مورد نظر مناسب باشد. قبل از استفاده از این وسایل، باید بازرسیهای دقیق به عمل آید تا نسبت به عملکرد صحیح آنها اطمینان حاصل شود.

omoorepeyman.ir

گوشواره‌ها یا دسته‌های بلند کردن، باید با برشکاری از فاصله ۶ میلیمتری سطح شمع بریده شده و سپس سنگ زده شوند. اگر از سوراخهای تهیه شده در جداره شمع به جای گوشواره برای بلند کردن استفاده شود، باید ضمن رعایت نیازهای این بند، به اثرات منفی وجود آنها در حین کوبیدن سخت، توجه شود.

۸-۶-۴ جوشهای درجای شمعها

شمعهایی که از بالا اضافه می‌گردند، باید به لحاظ هم راستا بودن، به دقت کنترل شوند تا نسبت به نفوذ کامل شمع به داخل زمین اطمینان حاصل گردد. جوشکاری باید بر اساس ضوابط ارایه شده در این آیین‌نامه صورت گیرد. لازم است آزمایشهای غیر تخریبی مورد اشاره در این آیین‌نامه انجام شوند.

۸-۶-۵ رسیدن به عمق نفوذ کافی شمع

مناسب بودن شالوده یک سکو، بستگی به آن دارد که هر یک از شمعهای سکو به اندازه مقادیر پیش‌بینی شده در طراحی کوبیده شوند. شمع‌کوبی هر شمع، باید به طور مستمر تا رسیدن آن به عمق طراحی ادامه یابد تا از افزایش مقاومت خاک و مشکل کردن شمع‌کوبی که اغلب به خاطر وقفه در کوبیدن شمع حاصل می‌شود، جلوگیری شود.

گاهی ممکن است همزمان با کوبیدن یک شمع، عملیات کوبیدن شمع یا شمعهای دیگر هم در جریان باشد تا از زمان نصب و شمع‌کوبی کاسته شود. ولی اغلب در هنگام کوبش قطعات آخر شمعها، بهتر است فقط با یک شمع کار شود تا احتمال واپس‌زنی شمع به حداقل برسد.

این موضوع که شمع در هنگام کوبش به واپس‌زنی برسد، این اطمینان را حاصل نمی‌کند که می‌تواند بارهای طراحی را تحمل کند. اگر ادامه شمع‌کوبی بعد از واپس‌زنی، سبب افزایش قابل توجه باربری شمع گردد، ادامه شمع‌کوبی می‌تواند قابل توجیه باشد. در مواردی که ادامه شمع‌کوبی موفق نباشد، ظرفیت باربری شمع را می‌توان با استفاده از یکی از روشهای ارایه شده در بند ۴-۲-۲ بهبود بخشید. در هر حال اقدامات مذکور باید توسط طراح سکو نیز مورد تأیید قرار گیرد.

omoorepeyman.ir

۸-۶-۶ واپس‌زنی شمعهای کوبیدنی

تعریف حالتی که واپس‌زنی شمع اتفاق می‌افتد، در درجه اول برای مقاصد قراردادی است و پس از رسیدن به این حالت، باید از روشهای دیگر، نظیر حفاری برای رسیدن عمق نفوذ مورد نظر استفاده شود. تعریف واپس‌زنی باید با توجه به مشخصات خاک و با در نظر گرفتن مشخصات چکشهای مورد استفاده و توصیه‌های سازنده‌های آنها تعیین شود. مثالی از تعریف واپس‌زنی که می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد، به شرح زیر است:

الف: واپس‌زنی در هنگام استفاده از چکشی که به صورت مناسب کار می‌کند، به حالتی اطلاق می‌شود که مقاومت شمع در مقابل کوبش، از ۳۰۰ ضربه برای هر ۳۰ سانتیمتر نفوذ برای کوبیدن شمع در طول ۱/۵ متر، تجاوز نموده و یا این مقاومت، از ۸۰۰ ضربه برای کوبیدن شمع به میزان ۳۰ سانتیمتر بیشتر شود.

ب: در صورتی که وزن شمع از ۴ برابر وزن شمع تجاوز کند، اعداد فوق باید به طور متناسب اصلاح شوند. لیکن در هر حال، تعداد ضربات نباید از ۸۰۰ ضربه برای نفوذ به میزان ۱/۵ سانتیمتر تجاوز نماید.

ج: در صورتی که وقفه‌ای در عملیات شمع‌کوبی به وجود آید، باید شمع حداقل به میزان ۳۰ سانتیمتر کوبیده شده و سپس تعاریف فوق برای در نظر گرفتن حالت واپس‌زنی مورد استفاده قرار گیرد. در هر حال، تعداد ضربات چکش برای نفوذ به میزان ۱/۵ سانتیمتر، نباید از ۸۰۰ ضربه تجاوز کند.

۸-۶-۷ پایش عملیات شمع‌کوبی با استفاده از تجهیزات اندازه‌گیری

برای کنترل عملیات شمع‌کوبی، می‌توان از تجهیزات اندازه‌گیری استفاده کرد. اهداف این عملیات عبارتند از:

الف: کنترل عملکرد چکش، یعنی میزان انرژی که به سر شمع اعمال می‌نماید و راندمان کلی آن.

ب: کنترل میزان تنشهای ایجاد شده در شمع.

ج: مقایسه مقاومت خاک مشاهده شده با مقادیر پیش‌بینی شده.

omoorepeyman.ir

د: حساسه‌های مورد استفاده برای منظور فوق، شامل کرنش‌سنجها و شتاب‌سنجها می‌باشند که باید در فواصل چند متری بالای شمع متصل شوند. اطلاعات حاصل از حساسه‌ها، باید با استفاده از یک سیستم جمع‌آوری و پردازش اطلاعات، پردازش شود. اطلاعات مذکور سپس باید مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد تا اهداف مذکور تأمین گردند. از نتایج این تحلیل می‌توان در صورت وقوع واپس‌زنی شمع، برای تصمیم‌گیری در مورد عملیات اصلاحی بعدی استفاده نمود.

۸-۶-۸ تزریق بین شمعها و سازه‌ها

فضای بین شمع و غلافها با سایر سازه‌های اطراف، باید در صورت لزوم توسط دستگاه تزریق، به طور دقیق با دوغاب پر شوند. دستگاه باید قادر به حفظ پیوسته دوغاب تا زمان پر شدن فضای خالی باشد. اگر طراحی سازه به گونه‌ای باشد که اجازه دهد دوغاب به سطح برگردد، وسایلی لازم است که مشخص کنند فواصل به اندازه کافی هستند یا خیر. این وسایل می‌توانند شامل دستگاههای بازرسی چشمی زیر آبی باشند. نگهدارنده‌هایی باید تعیین شوند تا فواصل خالی اطراف شمع را اندازه‌گیری کنند. یک درزگیر حلقوی باید در کف دکل یا غلاف شمع تعبیه شود تا از هدر رفتن دوغاب جلوگیری کند. نمونه‌گیری از دوغاب و آزمایش آن، باید انجام شود.

۸-۶-۹ شمعهای حفاری و تزریق شده

حفاری یک چاه برای اجرای یک شمع تزریق، ممکن است به کمک گل حفاری یا بدون آن صورت گیرد. از گل حفاری اغلب برای جلوگیری از ریزش گمانه‌ها و چاههای حفاری استفاده می‌شود. اگر از گل حفاری استفاده شود، باید دقت لازم برای شستن آن مبذول گردد. در حین حفاری باید دقت شود تا از ریزش دیواره‌ها جلوگیری گردد. شمعی که قرار است داخل چاهک حفر شده قرار گیرد، باید در قسمت بالا دارای زبانه یا حلقه‌ای باشد تا بتوان آن را به طور مناسبی در محل خود قرار داد.

وسایل مناسب باید به شمع وصل شوند تا بتوان فاصله یکنواخت بین شمع و چاهک را حفظ نمود. یک کفشک تزریق ممکن است در انتهای شمع تعبیه شود تا در حین پر کردن فاصله بین شمع و چاهک، مصالح تزریق به داخل شمع وارد نشوند. در این صورت لازم است شمع به نحو مقتضی مهار

omoorepeyman.ir

شود تا از شناور شدن آن در داخل مصالح تزریق جلوگیری شود. کیفیت ملات در فواصل زمانی مناسب در حین عملیات تزریق، باید تحت کنترل باشد. همچنین لازم است ابزار لازم فراهم گردد تا از پر شدن ملات در همه فضای بین شمع و دیواره چاهک، اطمینان حاصل شود.

۸-۶-۱۰ پایه‌های بزرگ شده

اغلب هنگام حفاری پایه‌های بزرگ شده، باید از روش گردش معکوس استفاده شود. گل حفاری نیز در هنگام لزوم استفاده می‌شود تا از ریزش سوراخ جلوگیری به عمل آید. دستگاه گشاد کننده ناحیه تحتانی چاه، باید تجهیزات نشان دهنده قطعی داشته باشد که مشخص کند که ابزار حفاری به عرض لازم باز شده است. قفسهای فولادی مسلح کننده یا اعضای سازه‌ای، باید به قدری به درون شمع کشیده شوند که انتقال کافی ایجاد شود و باید طوری طراحی شوند که باعث کند شدن جریان دوغاب نشوند.

۸-۶-۱۱ ثبت اطلاعات اجرای شمع

۸-۶-۱۱-۱ شمعهای کوبیدنی

در حین عملیات شمع‌کوبی، کلیه داده‌ها و اطلاعات مربوط به کوبیدن باید ثبت شوند. اطلاعات ثبت شده باید شامل موارد زیر باشند:

۱- مشخصه‌های سکو و شمع
۲- مقدار نفوذ شمع تحت وزن خودش
۳- مقدار نفوذ شمع تحت وزن چکش
۴- تعداد ضربات برای شمع‌کوبی و نوع چکش
۵- رفتار غیر معمول چکش یا شمع در حین کوبیدن
۶- وقفه در کوبیدن شامل زمان آماده‌سازی
۷- زمان برای کوبیدن هر قطعه
۸- ترازهای ته‌گرفتگی خاک و تراز سطح آب داخل هر شمع بعد از کوبیدن
۹- طول واقعی هر مقطع شمع و جداسازها

omoorepeyman.ir

۸-۶-۱۱-۲ شمعهای حفاری و تزریق شده

گزارش حفاری شمعهای حفاری و تزریق شده، باید با توجه کافی به روشهای مورد استفاده تهیه شوند. اطلاعات ثبت شده باید شامل موارد زیر باشند:

۱- جزئیات دستگاه حفاری

۲- روشهای حفاری

۳- جزئیات گل حفاری و مواد مضاف در صورت استفاده و دلیل استفاده

۴- مشخص کردن نقاط توقف چرخه و روش مورد استفاده برای بازگرداندن

۵- تعریف جهت و پروفیل شمع کامل شده

۶- گزارش زمان‌بندی تمامی حفاریها و عملیات تزریق

۷- جزئیات کنترلهای انجام شده برای تعیین وجود هر مصالحی که قبل از تزریق به درون سوراخ افتاده است.

۸- جزئیات کلیه عملیات تزریق

۹- ثبت نمونه‌های دوغاب

۸-۷ عملیات نصب روسازه

عملیات نصب روسازه سکو، شامل بلند کردن بخشهای مختلف روسازه نظیر عرشه و مدولهای مختلف از روی بارج حمل کننده و قرار دادن آن روی جاکت می‌باشد. سپس اجزای مذکور، به جاکت و به یکدیگر متصل می‌گردند.

برای تمامی مراحل اجرا، باید مناسب بودن تجهیزات و مقاومت سازه‌ای، مورد بررسی قرار گیرد. نیروهای وارد در حین بلند کردن، باید مطابق توضیحات بند ۲-۴ محاسبه گردند. همچنین تمامی اعضا باید کنترل گردند تا مناسب بودن آنها و اتصالات مربوط برای بلند کردن، مشخص گردد.

لازم است پیمانکار عملیات بلند کردن عرشه، با فرضیات طراحی آشنا باشد تا انجام عملیات بر طبق این فرضیات صورت گیرد. در ضمن، عملیات نباید در شرایط دریایی بدتر از شرایط پیش‌بینی شده در برنامه طراحی، انجام گیرد.

omoorepeyman.ir

قبل از شروع بلند کردن، لازم است وزن اجزا محاسبه شده باشد تا اطمینان حاصل شود که وزن در محدوده مقادیر ارایه شده در طراحی بوده و تجهیزات قادر به بلند کردن آن هستند. اگر عملیات وزن‌کشی از قبل انجام نگرفته است، توصیه می‌گردد حاشیه اطمینان بیشتر در نظر گرفته شود تا به خاطر افزایش وزن احتمالی، مشکلی پیش نیاید. مقادیر نیروهای طراحی برای نقاط بلند کردن، در بند ۲-۴ پیشنهاد شده‌اند. گوشواره‌های بلند کردن، باید در محل و امتداد مناسب قرار گیرند تا احتمال خروج از صفحه بودن بارگذاری به حداقل برسد.

اجزای مختلف روسازه، مطابق با رواداریهای مشخص شده در طراحی ساخته می‌شوند. پس از اتمام عملیات شمع‌کوبی و برش، انتهای شمعهای روسازه باید با دقت کافی روی سکو قرار گیرند تا جهت مناسب و تراز مورد نظر تأمین گردد. اگر ضابطه دیگری در مشخصات فنی پروژه مشخص نشده باشد، تراز عرشه نباید بیش از حدود ۷۶± میلیمتر نسبت به تراز طراحی تغییر نماید. در ضمن انحراف عرشه از حالت افقی، نباید بیش از ۱۳ میلیمتر باشد. سرانجام پس از قرار دادن عرشه و روسازه روی پایه، باید اتصالات پیش‌بینی شده طبق نقشه انجام گیرد و سایر ملحقات نظیر پله‌ها و نرده‌ها، نصب گردند.

۸-۸ جوشکاریهای نصب

در جوشکاریهای معمولی، انبر جوشکاری قطب مثبت و زمین، قطب منفی می‌باشند و جریان برق از قطب مثبت به سمت قطب منفی می‌باشد. در این حالت، اتصال زمین توسط سیم ضروری می‌باشد تا از یک جریان گذرا جلوگیری گردد. اگر چنین جریانی بدون کنترل اتفاق افتد، باعث خوردگی شدید خواهد شد. برای جلوگیری از بروز این موضوع، لازم است دستگاه جوشکاری تا جایی که امکان دارد روی سازه قرار گیرد.

تحت هیچ شرایطی نباید از بارج به عنوان اتصال استفاده نمود. دستگاه جوش باید به طور مطمئن به بارج متصل گردد تا امکان بروز خطر به پرسنل به وجود نیاید. اگر برقراری این شرایط میسر نباشد و دستگاه جوشکاری روی یک بارج یا شناور قرار گیرد، باید هر دو قطب خروجی از دستگاه جوش به سازه متصل شود و قطب زمین، تا حدی که امکان دارد به سازه در محل جوشکاری متصل شود.

omoorepeyman.ir

کابلهای جوشکاری باید به طور کامل عایق باشند تا امکان ایجاد جریان کوتاه فراهم نگردد. کابلهای خراب شده نباید طوری قرار گیرند که یک سر آنها در آب باشد. کابلهای اتصال زمین باید به صفحات اتصال محکم شوند. این اتصال باید به طور کامل تمیز و عاری از فلز باشد. مقاومت اتصال باید دارای یک حداکثر برابر با ۱۲۵ میکرو اهم در هر اتصال باشد و یا افت ولتاژ در اتصال، باید دارای یک حداکثر برابر با ۶۲/۵ میلی ولت برای یک جریان ۵۰۰ آمپر باشد.

اتصال چند ماشین جوش به یک کابل زمین که به سازه (مورد جوش) متصل است، باعث کنترل جریان گذرا خواهد شد، به شرطی که قطر آن به طور دقیق محاسبه شده و از نظر عایق‌بندی، مشکلی نداشته باشد.

omoorepeyman.ir

۹

بازرسیها

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

۹-۱ کلیات

در کلیه مراحل ساخت، بارگیری، حمل و نقل و نصب سکوهای دریایی، باید بازرسیهای لازم صورت گیرد تا اطمینان حاصل شود که کلیه مشخصات فنی مربوط رعایت شده است. همچنین در طول عمر سازه، باید بازرسیهای لازم به عمل آید تا از کفایت سیستم حفاظت سازه در مقابل خوردگی، اطمینان حاصل گردد. در ضمن باید شرایط سازه ارزیابی شود تا از وارد شدن تلفات جانی و مالی و نیز آسیب به محیط زیست، جلوگیری به عمل آید.

۹-۲ پرسنل بازرسی

پرسنل بازرسی باید دارای صلاحیتهای لازم بوده و از آموزش و تجربه کافی برای انجام عملیات برخوردار باشند. بازرسانی که عهده‌دار آزمایشهای غیر تخریبی بر روی جوشها در حین عملیات ساخت و نصب سکوها می‌باشند، باید دارای تجربه عملی کافی در این زمینه باشند و گواهیهای لازم را طبق آیین‌نامه‌هایی از قبیل **AWSD1.1** و **ASME/ANSI**، دریافت نموده باشند. در ضمن، صلاحیت تکنسینهای مسئول بازرسیهای ماورای صوت **UT** و یا رادیوگرافی **RT**، باید بر اساس آیین‌نامه‌هایی از قبیل **SNT-TC-1A** و **API RP2X** ارزیابی شده باشد.

پرسنلی که مسئول بازرسیهای حین سرویس سکوهای دریایی می‌باشند نیز باید دارای صلاحیت و تجربه کافی در این زمینه باشند. بازرسیهای زیر آب توسط غواصها و یا **ROV** صورت می‌گیرد. آزمایشهای غیر تخریبی در بخشهای زیر آب و یا بالای آب سازه نیز باید توسط پرسنل مجرب و دارای آموزشهای لازم، صورت گیرد.

omoorepeyman.ir

۹-۳ بازرسیهای حین ساخت

۹-۳-۱ مواد

در بازرسی مواد، باید کنترلهای لازم به عمل آید تا مواد مصرفی در ساخت سکوها، دارای کیفیت مناسب بوده و با مشخصات فنی مربوط تطابق داشته باشند. در این زمینه لازم است کلیه گواهیهای تولید در کارخانه نورد، مهرهای موجود بر روی مواد و گزارشهای مربوط به کلیه آزمایشهای انجام شده، مورد بررسی و کنترل قرار گیرند.

۹-۳-۲ ساخت

در کلیه مراحل عملیات ساخت شامل برشکاری، ساخت لوله، جوشکاری، پیش‌ساخت قطعات و مونتاژ، باید بازرسیهای لازم به عمل آید تا اطمینان حاصل شود که کلیه مشخصات فنی در مورد ابعاد و اندازه‌ها، رواداریها، در امتداد بودن قطعات، اندازه و پروفیل جوشها و نیز کیفیت عملیات جوشکاری، به طور دقیق رعایت شده است. در این زمینه باید توجه لازم به تمام مواردی که ممکن است بر مونتاژ سازه اثر بگذارند، از قبیل تکیه‌گاههای موقت و تجهیزات مونتاژ نیز معطوف گردد.

۹-۳-۳ جوشکاری

بازرسی عملیات جوشکاری باید نشان دهد که جوشکار دارای صلاحیت لازم برای انجام عملیات بوده و در ضمن، رویه مربوط که از قبل مورد ارزیابی و تصویب قرار گرفته است، به طور دقیق رعایت می‌شود. در این بازرسی باید مواد مصرفی و چگونگی حمل و ذخیره‌سازی آنها نیز مورد بررسی قرار گیرد.

۹-۳-۳-۱ بازرسیهای غیر تخریبی جوش

روشهای غیر تخریبی زیر برای بازرسیهای جوش در هنگام عملیات ساخت، مورد استفاده قرار می‌گیرند:

omoorepeyman.ir

الف: بازرسی بصری

بازرسیهای بصری ممکن است به تنهایی و یا همراه با سایر روشهای بازرسی غیر تخریبی به کار گرفته شوند. بازرسیهای بصری باید بر اساس دستورالعملهای آخرین روایت آیین‌نامه **AWS D1.1** انجام شوند.

ب: روش مایع نفوذی **PT**

این روش برای کشف عدم پیوستگیهای سطحی، نظیر ترک مناسب است. این آزمایشها باید بر اساس آخرین روایت دستورالعمل **ASME E165** انجام شوند.

ج: روش ذرات مغناطیسی **MT**

این روش برای کشف ترکهای سطحی و یا عدم پیوستگیهای نزدیک سطح به کار می‌رود. این آزمایشها باید بر اساس آخرین روایت دستورالعمل **ASTM E709** انجام شود.

د: آزمایشهای ماورای صوت **UT**

این روش نیز برای بازرسی عدم پیوستگیهای غیر سطحی مورد استفاده قرار می‌گیرد و باید بر اساس دستورالعمل **API RP2X** انجام شود.

هـ : آزمایشهای رادیوگرافی **RT**

این روش برای کشف و تعیین اندازه عدم پیوستگیهای غیر سطحی و داخل ضخامت کاربرد دارد. این آزمایشها باید بر اساس آخرین روایت آیین‌نامه **AWS D1.1** انجام شوند.

رویه‌های انجام هر یک از عملیات فوق، باید از قبل بر اساس استانداردهای مربوط، تدوین شده و پس از تأیید، مورد استفاده قرار گیرند. برای انتخاب روش بازرسی غیر تخریبی، پارامترهای متعددی نظیر هندسه، نوع تنشهای موجود، ضخامت اعضا و نوع نقصهای محتمل، باید مورد توجه قرار گیرند.

۹-۳-۳-۲ میزان بازرسیهای جوش

الف: زمان‌بندی

بازرسیها و آزمایشها، باید تا حد امکان، همزمان با پیشرفت فعالیتهای ساخت انجام شوند.

omoorepeyman.ir

ب: ضوابط بازرسیها

برنامه‌ها و رویه‌ها و مشخصات فنی پروژه، باید بخشهایی از سازه را که لازم است مورد بازرسی قرار گیرند، مشخص نمایند و ضوابط قبول نتایج آزمایشها را نیز تعیین کنند.

ج: جفت نمودن اجزا قبل از جوشکاری

قبل از آغاز عملیات جوشکاری، چگونگی جفت شدن اجزا، پخها و فواصل بین آنها، باید به طور بصری مورد بازرسی قرار گیرند.

د: بازرسیهای بصری

در هنگام انجام عملیات جوشکاری، بازرسیهای بصری باید حداقل در مورد پاسهای زیر صورت گیرند:

۱- پاس ریشه

۲- پاس دوم

۳- پاس نهایی

هـ: میزان بازرسیهای غیر تخریبی

حداقل بازرسیهای غیر تخریبی لازم برای اجزای مختلف سازه، در جدول ۹-۱ تعیین شده است. برای این منظور، حداقل سه قسمت از طول جوش باید به صورت اتفاقی انتخاب شده و بازرسی انجام شود. اگر در قسمتهای بازرسی شده، نقصهایی که باعث مرود شدن کیفیت جوش باشد یافت شوند، قسمتهای دیگری از طول جوش نیز باید مورد بازرسی قرار گیرند تا میزان و دلیل نقصها، روشن شده و عملیات اصلاحی صورت گیرد.

omoorepeyman.ir

جدول ۹-۱ حداقل بازرسیهای غیر تخریبی

اجزای سکو	روش بازرسی	میزان بازرسی (درصد)
لوله‌های سازه‌ای		
جوشهای طولی	UT یا RT	۱۰
جوشهای حلقوی	UT یا RT	۱۰۰
محل تقاطع جوشهای حلقوی و طولی	UT یا RT	۱۰۰
اتصالات لوله‌ای		
اتصالات سازه اصلی	UT	۱۰۰
اعضای عرشه		
جوشهای نفوذ کامل	UT یا RT	۱۰۰
جوشهای نفوذ نسبی	بصری و MT یا PT	۱۰۰
جوشهای گوشه	بصری و MT و PT	۱۰۰
سایر اجزا		
غلافهای لوله‌های هادی	UT یا MT	۱۰*
زیرسازه‌های فرعی نظیر پهلوگیرها	بصری و UT و MT	۱۰*
اتصالات زیرسازه‌های فرعی و سازه اصلی	UT یا MT	۱۰۰

* (۱۰٪) بازرسی باید برای هر عضو اتصال انجام شود، نه آن که برای (۱۰٪) از تعداد قطعات، بازرسی به صورت کامل (۱۰۰٪) انجام شود.

◄ ۹-۳-۴ سیستمهای حفاظت در برابر خوردگی

بازرسی سیستمهای حفاظت در مقابل خوردگی، باید بر طبق آخرین روایت استاندارد **NACE** به شماره **RP-01-76** انجام شود.

۹-۳-۴-۱ پوششها

بازرسی باید مطابقت آماده‌سازی سطح، شرایط محیطی، روش پوشش دهی و مواد مصرفی را با رویه‌های مصوب پروژه، کنترل نماید. ضخامت لایه‌های پوشش و میزان چسبندگی به فلز پایه نیز باید کنترل شوند.

omoorepeyman.ir

۹-۳-۴-۲ حفاظت ناحیه پاشش موج

بازرسی این ناحیه، باید نوع و کیفیت حفاظتهای مصرفی در این ناحیه را با مشخصات فنی پروژه و توصیه‌های تولید کنندگان مواد حفاظت، تطبیق نماید. انواع حفاظتهای مورد استفاده در این ناحیه عبارتند از:

الف: ورقهای مونل

ب: پوششهای فایبر گلاس

ج: پوششهای لاستیکی

د: اپوکسیهای مخصوص

۹-۳-۴-۳ سیستم حفاظت کاتدی

در سیستمهای حفاظت کاتدی، یکی از دو روش آندهای فدا شونده و یا جریان تزریقی، به کار گرفته می‌شوند. بازرسیهای مربوط، باید تطابق سیستمهای مذکور با مشخصات فنی پروژه را نشان دهند.

۹-۳-۵ ملحقات سازه‌ای و اجزای مربوط به عملیات نصب

ملحقات سازه‌ای عبارتند از:

۱- پهلوگیرها

۲- حفاظت رایزرها

۳- رایزرها و اتصالات آنها

۴- لوله‌های **U** شکل

۵- لوله‌های مربوط به پمپها و سایر نیازهای عملیاتی

اجزای مربوط به عملیات نصب در سازه عبارتند از:

۱- سیستم به آب اندازی

۲- سیستم غرقاب نمودن

۳- سیستم تزریق دوغاب

omoorepeyman.ir

۴- صفحات بستر دریا

۵- سیستمهای آب شویندگی

۶- گوشواره‌های مربوط به بلند کردن سازه

۷- سیستمهای مونیتور کردن عملیات

۸- اجزای از قبل نصب شده، نظیر بخشهایی از لوله‌های هادی و شمعها

موقعیت و اندازه کلیه اجزای فوق، باید به طور دقیق بازرسی شوند و بخصوص اتصالات جوشی، به صورت (۱۰۰٪) مورد بازرسی قرار گیرند. بازرسیها باید شامل آزمایشهای عملکردی سیستمهای مختلف باشند و در ضمن، خطوط پنوماتیکی و هیدرولیکی، باید به صورت متناسب تحت آزمایشهای فشار قرار گیرند.

کلیه اجزای غیر فولادی نظیر دیافراگمهای لاستیکی و شیرآلات، باید در مقابل آسیبهای ناشی از جوشکاری حفاظت شوند و در ضمن کلیه خطوط هیدرولیکی باید به صورت کامل، قبل و بعد از تستهای فشار، از هر گونه مواد زاید تخلیه شوند.

۴-۹ بازرسیهای حین عملیات بارگیری، مهار کردن و حمل

قبل از انجام عملیات بارگیری، بازرسی نهایی سازه باید صورت گیرد و موارد زیر کنترل گردند:

الف: کلیه اجزای سازه، در محل خود نصب شده باشند.

ب: تمام جوشکاریها، تکمیل و بازرسی شده باشند.

ج: تمام اجزای کمکی عملیات حمل و نصب، در محل خود قرار گرفته باشند.

د: تمام خطوط هیدرولیکی و پنوماتیکی، در محل خود قرار داشته، تست شده و به صورت کامل تخلیه و پاکسازی شده باشند.

هـ: تمام اجزا و اضافات موقت سازه، از آن جدا شده و به صورت کامل، پاکسازی شده باشند.

در ضمن، فونداسیون تکیه‌گاههای موقت، مسیر بارگیری سازه، شناور مورد استفاده، اسکله و بستر دریا در پای اسکله، باید بازرسی شوند و تطابق شرایط آنها با مشخصات فنی و رویه‌های مصوب پروژه، مشخص شود. همچنین اجزای متصل سازه برای عملیات بلند کردن و یا کشیدن و فشار دادن، باید با

omoorepeyman.ir

استفاده از روشهای بازرسی غیر تخریبی بازرسی گردند. همچنین در صورت استفاده از روش بلند کردن، کلیه اجزای بین سازه و جرثقیل، شامل کابلها، قلابها و تیرهای شاهین توزیع کننده بار، باید بازرسی شوند. در ضمن در مورد اجزایی نظیر کابلها و تجهیزات مربوط، مدارک مستند از سازنده تجهیزات نیز باید موجود بوده و بررسی شوند. ظرفیت و شرایط عملکردی تجهیزات سنگین نظیر جرثقیل، با استفاده از مدارک و بازرسیها، مورد تأیید قرار گیرند.

در مواردی که عملیات پر و خالی کردن مخازن شناور برای انجام عملیات بارگیری لازم باشد، تجهیزات مربوط نیز باید مورد بازرسی دقیق قرار گیرند.

انجام عملیات مهار کردن برای حمل دریایی نیز باید مورد بازرسی دقیق قرار گیرد و مراتب مطابقت با مشخصات فنی و فرضیات تحلیلها و طراحیهای مربوط، تأیید گردند. بازرسی مواد مصرفی، روش ساخت و جوشکاری، باید طبق بند ۹-۳، در مورد اجزای مهاربندها انجام شود. در ضمن قبل از آغاز عملیات حمل، باید شرایط شناور حمل، شناورهای یدک‌کش و تجهیزات اتصال بین شناور یدک‌کش و شناور حمل، بازرسی شده و تناسب کامل آنها با عملیات مورد نظر، مورد تأیید قرار گیرد.

۹-۵ بازرسیهای حین عملیات نصب

۹-۵-۱ آب اندازی و قائم نمودن

برخی از جاکتها، با روش سرسره به آب انداخته می‌شوند. در این نوع سازه‌ها، قبل از آغاز عملیات به آب اندازی، باید بازرسی انجام شده و اطمینان حاصل شود که کلیه مهارهای سازه به شناور، بریده شده‌اند و کلیه اجزای غیر متصل به سازه و یا شناور، جمع‌آوری شده‌اند. در ضمن، کلیه لوله‌های مربوط به غوطه‌ور کردن اجزا و شیرآلات مربوط، باید مورد بازرسی قرار گیرند. همچنین بازوی چرخان شناور باید مورد بازرسی قرار گرفته و آمادگی آن برای انجام عملیات، تأیید شود.

در مورد جاکتهایی که با استفاده از جرثقیلها از روی شناور بلند می‌شوند، بازرسیهای مربوط به اتصال مناسب اجرای سازه به تجهیزات بلند کردن، باید صورت گیرد.

omoorepeyman.ir

۹-۵-۲ نصب شمعها و لوله‌های هادی

قبل از عملیات بارگیری، باید بازرسیهای لازم در مورد اجزای الحاقی به شمعها و لوله‌های هادی که مورد نیاز عملیات حمل و نقل و بلند کردن می‌باشند، صورت گیرد. در زمان نصب نیز باید بازرسیهای لازم صورت گیرد و بخصوص جوشکاری بین قطعات مختلف، طبق مشخصات فنی پروژه انجام شود.

برای انجام عملیات کوبش، چکشها باید مورد بازرسی دقیق قرار گرفته و آمادگی آنها جهت انجام عملیات، تأیید شود. در صورتی که سطح ارتعاشهای موجود در هنگام کوبش، زیاد باشد، عملیات باید متوقف شده و احتمال آسیبهای ناشی از خستگی در سازه بررسی شود.

در هنگام نصب شمعها، جوشهای بین قطعات مختلف شمع، بین شمعها و عرشه و بین شمعها و ورقهای اتصال به پایه جاکت، باید توسط آزمایشهای غیر تخریبی مورد بازرسی قرار گرفته و تمام جوشهای حساس، (۱۰۰٪) توسط روش **UT** بازرسی شوند. در مورد جوشهای بین شمع و ورقهای اتصال که ممکن است روش **UT** عملی نباشد، باید جوشکاری به روش بصری، به دقت بررسی شده و روش **MT** نیز مورد استفاده قرار گیرد.

۹-۵-۳ نصب عرشه‌ها

قبل از بلند کردن عرشه، باید سازه مورد بازرسی قرار گیرد و تأیید شود که کلیه اجزایی که وزن آنها در محاسبات بلند کردن در نظر گرفته نشده است، از سازه جدا شده‌اند. در ضمن، کلیه اتصالات و تجهیزات بلند کردن و قطعات رابط بین سازه و جرثقیل باید بررسی شوند و آمادگی جهت انجام عملیات تأیید شود.

پس از قرار گرفتن عرشه بر روی جاکت، باید محلهای تماس به دقت بازرسی شده و هم‌راستایی اجزا و نیز جفت شدن مناسب اجزا برای انجام عملیات جوشکاری، تأیید شود. جوشکاری نیز باید با استفاده از روشهای غیر تخریبی، مورد بازرسی قرار گیرد.

omoorepeyman.ir

۹-۵-۴ بازرسیهای زیر دریا

بازرسیهای زیر دریا قبل از آغاز عملیات، برای اطمینان از عدم وجود قطعات زاید در محل نصب، ضروری است. پس از انجام عملیات نصب نیز باید با استفاده از غواص یا تجهیزات کنترل از راه دور، بازرسیهای لازم انجام شوند و نواحی تماس جاکت با بستر دریا و بخصوص نواحی اطراف پایه‌های جاکت و شمعها، مورد بازرسی دقیق قرار گیرند و تطابق عملیات با مشخصات فنی و رویه‌های مصوب پروژه، تأیید گردد.

۹-۶ بازرسیهای حین سرویس

در طول عمر سازه، باید بازرسیهای دوره‌ای انجام شود تا کفایت سیستمهای حفاظت در مقابل خوردگی و نیز شرایط سازه، بررسی شود و ایمنی کل سکو برای انسانها، محیط زیست و بهره‌برداری مورد نظر، تأیید شود.

بازرسیها باید توسط افراد صاحب صلاحیت صورت گیرد. در بخشهای بالای سطح آب، بازرسها باید نواحی حساس را که در معرض آسیب هستند، بازرسی نمایند. در بخشهای زیر آب، بازرسی می‌تواند با استفاده از غواصان و یا تجهیزات کنترل از راه دور **ROV** انجام شود. بازرسیهای غیر تخریبی زیر سطح آب و بازرسیهای مربوط به سیستمهای حفاظت کاتدی نیز باید توسط افراد با تجربه و صاحب صلاحیت انجام شوند.

۹-۶-۱ سطوح بازرسی

بازرسیهای حین سرویس سکوها، باید در چهار سطح زیر صورت گیرند:

۹-۶-۱-۱ بازرسی سطح ۱

در این سطح از بازرسی، باید به صورت سالانه در بخش زیر آب، مؤثر بودن سیستم حفاظت در مقابل خوردگی و در بخش بالای آب، وضعیت پوششهای سازه و یا اجزایی که دچار آسیب شده باشند، بررسی شوند. در این بازرسیها، بخصوص بخشهایی از سازه که در ناحیه پاشش آب و تر و خشک شدن مکرر

omoorepeyman.ir

می‌باشند، از جمله پایه‌های عرشه و اعضای خرپاها، باید مورد توجه قرار گیرند. در ناحیه بالای آب، اگر آثاری از آسیب در سازه مشاهده شود، آزمایشهای غیر تخریبی برای تعیین میزان آسیب باید انجام شوند. چنان‌چه این بازرسیها احتمال وجود آسیبهای سازه‌ای در بخش زیر آب را نشان دهند، بازرسی سطح ۲، باید در اسرع وقت، برنامه‌ریزی شود.

۹-۶-۱-۲ بازرسی سطح ۲

این نوع بازرسی شامل بازرسی زیر آب سازه، با استفاده از غواصان یا **ROV**، برای یافتن هر یک از نقصهای زیر می‌باشد.

الف: خوردگی اضافی

ب: بارگذاری اضافی در اجزا، ناشی از عوامل محیطی یا حوادث

ج: آب‌شستگی در پای سازه و یا ناپایداری بستر

د: آسیبهای ناشی از خستگی

هـ: نقصهای ناشی از طراحی یا ساخت سازه

و: وجود مواد زاید در اطراف سکو

ز: رسوبهای بیش از حد جانداران بر روی اجزا

در این بازرسیها، پتانسیل سیستم حفاظت کاتدی باید اندازه‌گیری شود. اگر در این سطح از بازرسیها، آسیبهای عمده‌ای در سازه یافت شود، بازرسی سطح ۳، باید در اسرع وقت برنامه‌ریزی شود.

۹-۶-۱-۳ بازرسی سطح ۳

در این سطح از بازرسی، بر اساس نتایج بازرسیهای سطح ۲، بخشهایی که احتمال آسیب در آنها وجود دارد و یا آن بخشهایی که مشخص شده که در آنها آسیب به وجود آمده است، مورد بازرسی بصری زیر آب قرار می‌گیرند. در انتخاب بخشهای مورد نظر برای بازرسی، باید نتایج تحلیلهای مهندسی نیز مورد توجه قرار گیرند. این بخشها باید به خوبی از رسوبهای دریایی تمیز شوند. چنان‌چه در اجزایی از سازه، آسیبهایی مشاهده شود که میزان آنها را نتوان با بازرسیهای بصری تعیین نمود، بازرسی سطح ۴، باید در اسرع وقت برنامه‌ریزی شود.

omoorepeyman.ir

۹-۶-۱-۴ بازرسی سطح ۴

در این سطح از بازرسی، بر اساس نتایج بازرسیهای سطح ۳، بخشهای منتخب سازه در زیر آب، مورد بازرسیهای غیر تخریبی قرار می‌گیرند.

۹-۶-۲ تناوب بازرسیها

به طور کلی، سکوهای دریایی نوع ثابت را می‌توان به دسته‌های زیر تقسیم نمود:

الف: سکوهای حاوی نفرات

این سکوها به طور معمول، محل کار و اسکان نفرات هستند، اگر چه ممکن است در شرایط حدی محیطی، به طور مثال در هنگام وقوع طوفانهای شدید، تخلیه شوند.

ب: سکوهای فاقد نفرات

در این سکوها، ممکن است نفراتی به صورت متناوب برای انجام عملیات معینی، حضور یابند ولی به طور معمول، محل اسکان و کار افراد نمی‌باشند.

ج: سازه‌های محافظ چاهها

بر روی این نوع سازه‌ها که جاکتهایی کوچک برای حفاظت از چاهها هستند، اغلب تجهیزاتی قرار نداشته و افرادی نیز مستقر نمی‌شوند.

د: کیسون

این نوع سازه‌ها، سکوهای تک‌پایه‌ای هستند که بر روی آنها تجهیزاتی قرار نداشته و افرادی نیز حضور ندارند.

به طور کلی، فاصله زمانی بین بازرسیها در انواع سکوهای دریایی ثابت، نباید از مقادیر مندرج در جدول ۹-۲ بیشتر شود. اگر در مواردی، فاصله زمانی بیشتری بین بارزسیها برای سکویی قابل توجیه باشد، توجیهات مذکور باید به صورت فنی مدون شده باشند.

omoorepeyman.ir

جدول ۹-۲ فواصل زمانی بازرسیهای حین سرویس

سطح بازرسی	۱	۲	۳	۴
سکوهای حاوی نفرات	۱ سال	۳ تا ۵ سال	۶ تا ۱۰ سال	*
سکوهای فاقد نفرات	۱ سال	۵ تا ۱۰ سال	۱۱ تا ۱۵ سال	*
سازه‌های محافظ چاهها و کیسونها	۱ سال	۵ تا ۱۰ سال	*	*

* بازرسیهای مذکور، باید بر اساس نیازهای مشخص شده در نتیجه بازرسیهای سطح ۲ یا ۳ در زمان لازم انجام شوند.

علاوه بر موارد مذکور در جدول ۹-۲، در مواردی لازم است بازرسیهایی به صورت ویژه انجام شود. در مواردی که سکو در معرض شرایط حدی محیطی نظیر گردبادها و یا زلزله قرار گیرند، انجام بازرسی سطح ۱ الزامی است. همچنین در سکوهای سرچاهی، بجز سازه‌های محافظ چاهها و کیسونها، پس از انجام حفاریهای اولیه، بازرسی سطح ۲ باید انجام شود. در مواردی که سکویی در معرض بارهای ضربه‌ای شدید، نظیر بار ناشی از برخورد کشتی قرار گیرد، لازم است بازرسی سطح ۲ در اسرع وقت برنامه‌ریزی شود. همچنین اگر بخشی از سازه مورد تعمیر قرار گیرد، حدود ۱ سال پس از آن، بازرسی سطح ۲ باید روی سازه انجام شود. در ضمن در محلهایی که احتمال آب‌شستگی در بستر دریا وجود داشته باشد، بازرسیهای سطح ۲ مختص آب‌شستگی، باید در فواصل زمانی کمتری نسبت به آنچه در جدول ۹-۲ مشخص شده، انجام شوند.

۹-۷ مدارک بازرسیها

کلیه مدارک مربوط به بازرسیهای دوران ساخت، حمل، نصب و سرویس سازه‌ها، باید به صورت مناسب، جمع‌آوری شده و در طول عمر سازه نگهداری شوند که شامل کلیه مدارک مربوط به تولید مصالح، گواهیهای شناسایی مواد و نقشه‌های سازه‌ای حاوی مشخصات جوشهایی که مورد بازرسی قرار گرفته‌اند، می‌باشد. پس از انجام عملیات ساخت و نصب، نقشه‌های طبق ساخت و نصب باید تهیه شده و نگهداری شوند. مدارک مذکور باید شامل کلیه بازرسیهای دوران بارگیری و حمل نیز باشند. در مدارک دوران نصب، تمام موارد مربوط به اطلاعات محیطی شامل شرایط دریا، درجه حرارت، سرعت باد،

omoorepeyman.ir

شمارش ضربات چکش در هنگام نصب شمعها، عمق نفوذ نهایی شمعها، موقعیت و جهت دقیق نصب سکو و تراز آن نسب به تراز مبنا، باید ضبط شوند.

omoorepeyman.ir

پیوست

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

◄◄ پ-۱ دوره تناوب ظاهری موج

برای به دست آوردن دوره تناوب ظاهری موج در یک جریان با پروفیل دلخواه، ***Kirby*** و ***Chen*** (۱۹۸۹) راه حلی را پیشنهاد کرده‌اند که نیاز به حل همزمان سه رابطه زیر برای T_{app}، λ و V_I دارد:

$$\frac{\lambda}{T} = \frac{\lambda}{T_{app}} + V_I \qquad (۸۳)$$

$$T^2_{app} = \frac{2\pi\lambda}{g\tanh(2\pi d/\lambda)} \qquad (۸۴)$$

$$V_I = \frac{4\pi\pi}{\mathrm{Sinh}(4\pi inh)} \int_{d}^{0} U_c(z)\mathrm{Cosh}\left[\frac{4\pi\pi(+d)}{\lambda}\right]dz \qquad (۸۵)$$

در روابط فوق:

λ: طول موج

T: دوره تناوب موج که به وسیله یک شاهد ایستا قابل تشخیص است.

T_{app}: دوره تناوب موجی است که توسط شاهدی که در روی یک خط جریان با سرعت **V_I** در حرکت است قابل تشخیص باشد.

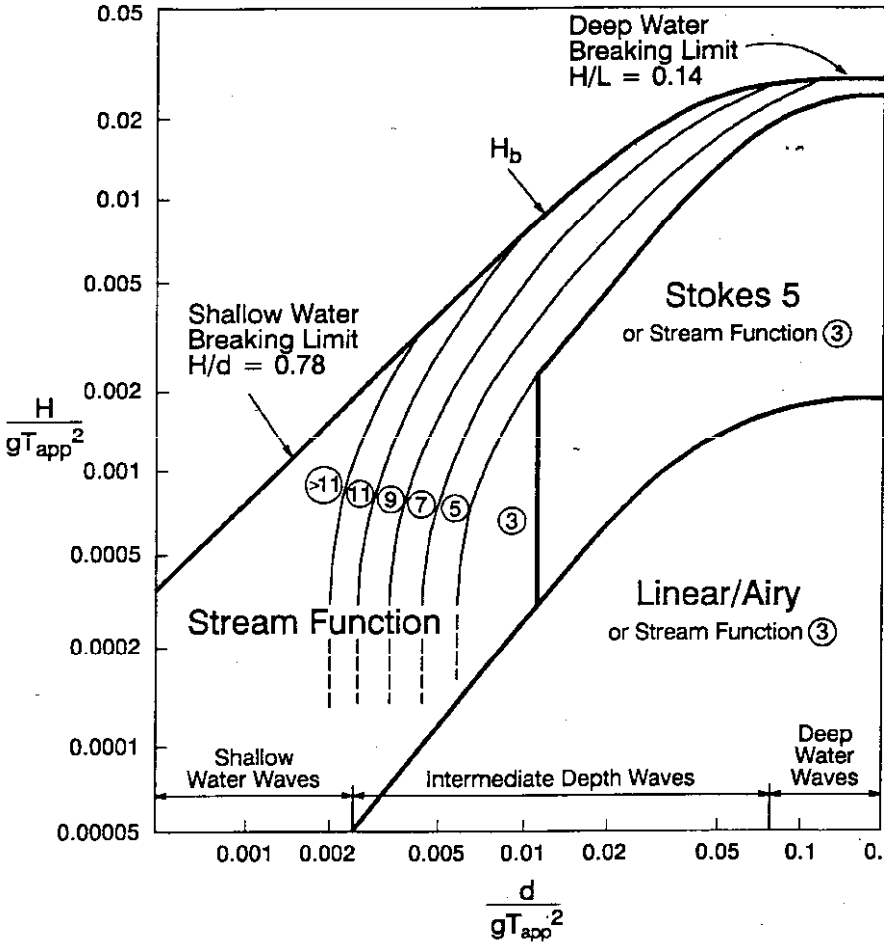
g: شتاب ثقل زمین

$U_c(z)$: مؤلفه پروفیل جریان دایمی در تراز **z** (تراز بالای **MSL**، مثبت فرض می‌شود) در جهت موج

d: عمق آب

برای حالت خاص پروفیل جریان یکنواخت، حل این معادلات به صورت بی بعد، از شکل پ-۱ قابل حصول است.

omoorepeyman.ir



H/gT_{app}^2: Dimensionless wave steepness
d/gT_{app}^2: Dimensionless relative depth
H: Wave height
H_b: Breaking wave height
d: Mean water depth
T_{app}: Wave period
g: Acceleration of gravity

شکل پ-۱ مقایسه پروفیلهای جریان در مدلهای کشیدگی خطی و غیر خطی

پ-۲ سینماتیک موج دو بعدی

تئوریهای موج مختلفی وجود دارند که می‌توان از آنها برای پیش‌بینی سینماتیک امواج منظم و دو بعدی، برای محاسبات نیروی موج استفاده کرد. در شکل پ-۲، دامنه کاربرد تئوریهای مهم امواج نشان

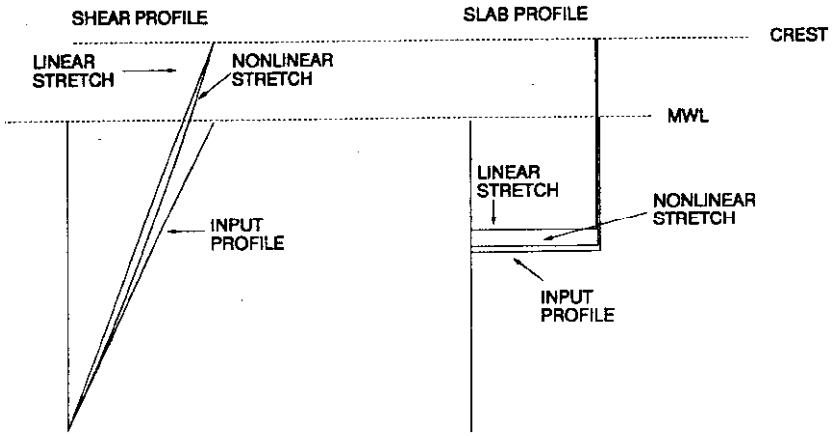
omoorepeyman.ir

داده شده است. تئوریهای مختلف، منجر به حل تقریبی مسئله توسط معادلات دیفرانسیل مشابه با شرایط مرزی می‌شوند. همه این تئوریها، برای موج متقارن حول تاج آن می‌باشند که با پیشرفت، تغییر شکلی در آن به وجود نمی‌آید. تفاوت آنها در فرمول کردن تابعی و همچنین در تعداد درجه‌ای است که شرایط سینماتیک غیر خطی و شرایط مرزی دینامیکی در سطح موج را ارضا می‌نماید.

تئوری موج خطی فقط زمانی قابل استفاده است که خطی‌سازی شرایط مرزی سطح آزاد، قابل توجیه باشد. به عنوان مثال زمانی که دامنه موج و تندی آن خیلی کم باشد، تئوری استوکس مرتبه پنجم، شرط مرزی سطح آزاد را با دقت قابل قبولی حول یک محدوده وسیع، در کارهای عملی ارضا می‌کند. تئوری **Chappelear**، مشابه استوکس مرتبه ۳ است، اما تعیین ضرایب بسط به صورت عددی از طریق کمینه کردن مجموع مربعات خطاها در شرایط مرزی سطح آزاد را به شیوه تحلیلی ترجیح داده است. تئوری **EXVP-D**، شرایط مرزی دینامیکی را به طور دقیق ارضا کرده و خطای شرط مرزی سینماتیک را کمینه می‌کند. تئوری تابع جریان، شرط مرزی سینماتیکی را ارضا کرده و خطای شرط مرزی دینامیکی را کمینه می‌کند.

زمانی که تئوری استوکس مرتبه پنجم قابل کاربرد نباشد، تئوری **Chappelear**،**EXVP-D** یا تابع جریان با درجه بالا را می‌توان به کار برد. اغلب تابع جریان، به صورت وسیع استفاده می‌شود. انتخاب درجه حل مناسب، می‌تواند بر پایه درصد خطا در شرایط مرزی دینامیکی یا درصد تغییر در سرعت یا شتاب در مراتب متوالی یا مرتبه بالاتر بعدی باشد. این دو روش، درجات حل متناظر را در بیشتر حوزه‌های ممکن انتخاب می‌کنند، اما در شرایط حدی $\mathbf{d/g\ T_{app}^2 < 0.003}$ و $\mathbf{H > 0.9\ Hb}$ فرق می‌کنند. در این محدوده‌ها، تئوری با نتایج اندازه‌گیریهای آزمایشگاهی، توافق خوبی ندارد و بنابراین، باید با احتیاط به کار برده شود. بخصوص منحنی‌داده شده برای ارتفاع موج شکسته **Hb** در شکل پ-۲، به کلی غیر قابل قبول است.

omoorepeyman.ir



شکل پ-۲ دامنه کاربرد تئوریهای مختلف امواج

پ-۳ ضریب سینماتیک موج

در محاسبات نیروی موج با استفاده از تئوری امواج منظم، سینماتیک ذرات آب با فرض این که امواج با تاج بلند در جهتهای یکسان منتشر می‌شوند (دریای تک‌سو) محاسبه می‌شود. در حالی که سطح دریای واقعی شامل امواج با جهتهای مختلف و تاج کوتاه هستند. در حقیقت سطح دریا را می‌توان به صورت جمع آثار تعداد زیادی چشمه موج کوچک، با دامنه، فرکانس و جهت انتشار خاص خود در نظر گرفت. خوشبختانه در حالت جهت‌دار فرض کردن انتشار موج، نیروهای پیک به دست آمده، اغلب کمتر از حالتی است که دریای تک‌سویی لحاظ می‌گردد. این کاهش نیرو در اثر انتشار جهتی، می‌تواند با کاهش سرعت افقی و شتاب از یک تئوری موج دو بعدی، توسط یک ضریب پراکندگی در فرایند طراحی موج معین و استاتیک هم‌ارز قرار داده شود.

برای فرکانسهای موج نزدیک به پیک طیف موج، پراکندگی جهتی **d.s.** خیلی کمتر از فرکانسهای بالاتر است. از آنجا که سینماتیک امواج بزرگ که در طراحی استاتیکی به کار برده می‌شوند، به طور عمده تحت تأثیر فرکانسهای موج با انرژی بیشتر هستند، استفاده از ضریب پراکندگی **s.f.** مربوط به دوره تناوب پیک طیفی مناسب است. استفاده از ضریب پراکندگی متوسط وزنی برای همه فرکانسهای یک طیف موج، غیر محافظه‌کارانه خواهد بود.

omoorepeyman.ir

ضریب پراکندگی **s.f.**، یا از طریق اندازه‌گیری و یا با استفاده از داده‌های موج طیفی به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\sqrt{\frac{(n+1)}{(n+2)}} \qquad (۸۶)$$

که **n**، عدد توان $\cos^n\theta$، تابع پراکندگی در فرکانس پیک طیفی می‌باشد.

لازم است توجه شود که داده‌های جهتی اندازه‌گیری شده از حرکت بویه، برآورد دست بالایی از **s.f.** به دست می‌دهند، در حالی که به نظر می‌رسد داده‌های جهتی با استفاده از سرعت‌سنج دو محوری، برآورد خوبی از پراکندگی به دست دهند.

شواهدی وجود دارد مبنی بر این که حتی در شرایط دریای با پراکندگی جهتی کم، تئوری تابع جریان دو بعدی یا تئوری استوکس مرتبه پنجم، پیش‌بینی دست بالایی از سرعت و شتاب سیال را به دست خواهند داد. این مورد شاید مربوط به نامنظمی امواج واقعی باشد، به عنوان مثال به خاطر عدم تقارن موج حول تاج و تغییر شکلهای آن در طول پیشرفت باشد.

اگر ضریب نامنظمی کمتر از واحد توسط داده‌های سینماتیک موج با کیفیت بالا، شامل اندازه‌گیری در ناحیه تاج بالای تراز متوسط آب متناسب با انواع ترازهای طراحی دریا که یک‌سکو ممکن است تجربه کند، تأیید شود، در این صورت می‌توان ضریب **s.f.** را در ضریب نامنظمی ضرب کرد تا یک ضریب کاهش جامع برای سرعت و شتاب افقی به دست آید.

◄◄ پ-۴ ضریب ممانعت جریان

قابهای فضایی و سازه‌های نوع مشبک، به طور کامل اجازه عبور موج یا جریان را نمی‌دهند. به عبارت دیگر، سازه‌ها یک آشفتگی کلی در جریان یا امواج برخوردی در درون و اطراف سازه ایجاد می‌کنند. از آنجایی که نیروی کلی برای سازه‌های قاب فضایی، توسط جمع کردن تک‌تک نیروهای اعضا محاسبه می‌شود، لازم است در محاسبه نیروهای اعضا در معادله موریسون، جریانهای موضعی برای تأثیر آشفتگی کلی به حساب آورده شوند.

omoorepeyman.ir

سازه‌های به صورت قاب فضایی امواج را مانند جریان منحرف می‌کنند. به عنوان مثال مراجع **Shankar , Khader** (۱۹۸۱) و **Boyd , Hanif** (۱۹۸۱)، به کاهش دامنه موج در منطقه نزدیک به استوانه قائم اشاره دارند. با این وجود، این کاهش در اکثر موارد، قابل اثبات نیست و تا زمانی که این انحراف و کاهش توسط مقدار زیادی پایه نزدیک به هم چشم‌گیر نباشد، مناسب است کار را با فرض این که سکوی قاب فضایی، به طور قابل ملاحظه‌ای سینماتیک موج اولیه را آشفته نمی‌کند، دنبال کرد.

برای جریانها، به هر حال شواهد موجود بیانگر آن است که جریان داخل سکو نسبت به جریان آزاد کاهش می‌یابد. داده‌های آزمایشگاهی و میدانی، نشان می‌دهند که ضریب ممانعت می‌تواند تا مقدار کم ۰/۶ برای سکوهای برجی، مقدار ۰/۷ برای سکوهای منعطف معمولی و مقدار ۰/۸۵–۰/۷ برای سکوهای نوع شابلونی باشد.

ضریب ممانعت برای جریان دایم را می‌توان از مدل **"Actuator Disk"** مرجع **Taylor** (۱۹۹۱)، به صورت زیر برآورد کرد:

$$[1+\Sigma(C_d A)_i /4\overline{A}]^{-1} \qquad (۸۷)$$

که در آن:

$\Sigma(c_d A)_i$: مجموع نواحی درگ تمام اعضا (شامل اعضای افقی) در جریان

$\overline{A}$: مساحت درون ناحیه پیرامون سکو عمود بر جهت جریان

برای سازه‌هایی که هندسه آنها با عمق تغییر کند، ضریب ممانعت می‌تواند برای عمقهای مختلف محاسبه شود. اگر ضریب کاهش محاسبه شده کمتر از ۰/۷ باشد، باید مدل کردن سکو به صورت سری دیسکهای محرک و نه به صورت یک دیسک، صورت گیرد. سایر محدودیتهای مدل دیسک محرک، توسط **Taylor** بیان شده‌اند.

عبارت ممانعت استفاده شده در فوق، با عبارت پوشش در بند ۲–۳–۱–۲ مرتبط هستند. مرجع **Lambrakos** و همکاران (۱۹۸۹) عبارت پوشش را به جای عبارت ممانعت برای توصیف کاهش سرعت جریان استفاده کرده است. برای مورد حاضر، ترم پوشش فقط برای اعضایی که در مجاور اعضای دیگر قرار دارند به کار برده می‌شود و ضریب پوشش فقط برای این اعضا، برای بارهای محاسبه شده در اثر توأم موج و جریان به کار گرفته می‌شود. ترم ممانعت برای تمام سازه و ضریب آن برای سرعت جریان

omoorepeyman.ir

دور از محل سازه، به کار برده می‌شود. با این دید، با به کار بردن ضریب ممانعت، سرعت جریان کاهش یافته را برای تمام سازه‌ها محاسبه می‌کنند. سرعت جریان کاهش یافته و سینماتیک موج دست نخورده در معادله موریسون، برای محاسبه بارهای محلی تمام اعضا استفاده خواهند شد. بارهای محاسبه شده در هادیها، با ضریب پوشش کاهش می‌یابد.

پ-۵ سینماتیک ترکیبی موج و جریان

مراجع **Dalrymple , Heideman** (۱۹۸۹) و **Watson , Eastwood** (۱۹۸۹) نشان داده‌اند که امواج متناوب، موجب کشیده شدن و فشرده شدن پروفیل جریان به طور متناظر، زیر تاج و حضیض موج می‌شوند. **Heideman , Dalrymple** نشان دادند که مدل ترکیبی سینماتیک موج، با در نظر گرفتن اثر **Doppler Shift** با پروفیل جریان کشیده غیر خطی، بهترین جواب را برای بارهای کلی روی سازه به دست می‌دهد. کشیدگی غیر خطی، مقدار کشیده شدن جریان لحظه‌ای را در تراز **Z** تحت اثر جریان $U_c(Z')$ که از روی پروفیل جریان (بدون اثر موج) در تراز Z' (تراز متوسط ذره آب در یک سیکل کامل موج) به دست می‌آید، محاسبه می‌نماید. رابطه **Z** و Z' مطابق تئوری موج خطی به صورت زیر است:

$$Z = Z' + \eta \frac{\sinh(2\pi(Z'+d)/\lambda_n)}{\sinh(2\pi i n h_n)} \qquad (۸۸)$$

که در آن:

d: عمق آب

η: سطح موج بالای ذره آب

λ_n: طول موج به دست آمده از تئوری موج غیر خطی برای موج به ارتفاع **H** و دوره تناوب T_{app}

ترازهای **Z**، Z' و **η**، در جهتهای سمت بالای تراز آب متوسط موج، مثبت فرض شده‌اند.

یک مدل تقریبی قابل قبول دیگر که برای بیشتر کارهای عملی به کار می‌رود، مدلی است که پروفیل جریان کشیده خطی را استفاده می‌کند:

$$Z+d=(Z'+d)(d+\eta)/d \qquad (۸۹)$$

omoorepeyman.ir

در شکل پ-۱، پروفیلهای جریان حاصل از دو مدل، به صورت کیفی با هم مقایسه شده‌اند. یک مدل تقریبی دیگر، مدل کشیده خطی توصیف شده در بالا می‌باشد به طوری که مومنتوم کل پروفیل از کف دریا تا سطح موج، برابر با مقدار متناظر آن در پروفیل از تراز کف دریا تا تراز متوسط آب باشد. این روش توسط تحلیلهای تئوریکی **Heideman , Dalrymple** (۱۹۸۹) و **Watson , Eastwood** (۱۹۸۹) تأیید نشده‌اند.

◄◄ پ-۶ رشد جانداران دریایی

مقاطع عرضی تمامی عناصر سازه‌ای و سکوها، در اثر رشد جانداران دریایی افزایش می‌یابند. قطر مؤثر المان (عرض مقطع عرضی برای استوانه‌های غیر دایره‌ای یا منشوری) برابر است با:

$$D = D_c + 2t \qquad (۹۰)$$

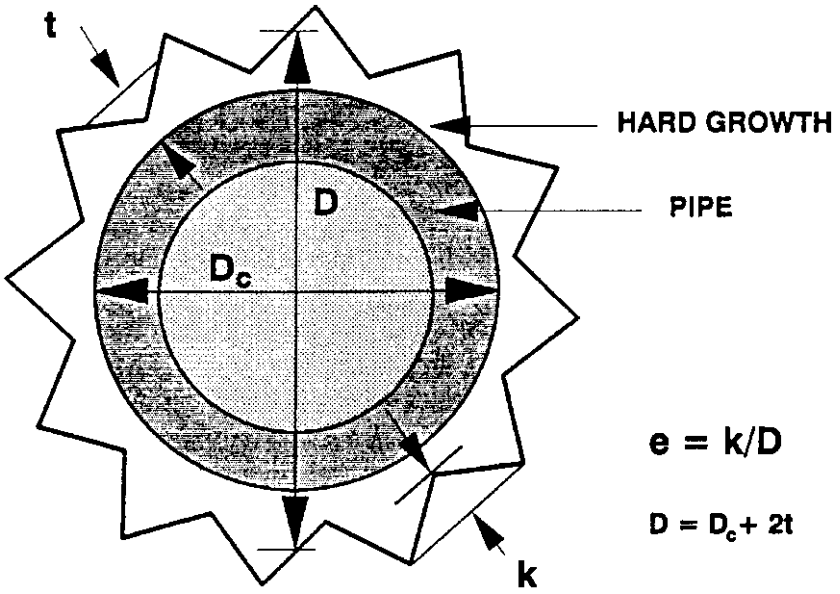
که در آن:

D_c: قطر خارجی حالت تمیز

t: ضخامت متوسط رویش است که باید توسط اندازه‌گیریهای میدانی به دست آید.

یک پارامتر اضافی دیگر که ضریب درگ در المان با مقطع عرضی دایره را تحت تأثیر قرار می‌دهد، زبری نسبی **e=k/D** است که **k** میانگین ارتفاع ارگانهای سخت رونده بر عضو است. ضخامت و زبری سطحی ناشی از رویش دریایی، در شکل پ-۳ برای استوانه دایره‌ای نشان داده شده است. به طور کلی ارگانیسمهای دریایی، سازه را خیلی زود تحت پوشش خود درمی‌آورند. آنها در آغاز خیلی سریع رشد می‌کنند، اما این رشد به تدریج بعد از گذشت چند سال متوقف می‌شود. گیاهان دریایی در نواحی زیادی روی سازه‌ها، اندازه‌گیری گردیده‌اند، اما باید برای نواحی دیگر تخمین زده شوند.

omoorepeyman.ir



شکل پ-۳ ارتفاع و ضخامت زبری سطح

پ-۷ ضرایب درگ و اینرسی

در محیط دریا، نیروهایی که توسط معادله موریسون پیش‌بینی می‌شوند، تنها یک تقریب مهندسی هستند. معادله موریسون می‌تواند به طور منطقی نیروهای درگ و اینرسی اندازه‌گیری شده در نیم‌چرخه موج با مقادیر ثابت C_d و C_m برآورد نماید. اما مناسب‌ترین مقدار C_d و C_m از یک نیم‌چرخه نیم‌موج، به نیم‌چرخه دیگر تغییر می‌کند. بیشتر تغییرات در مقدار C_d و C_m را می‌توان با بیان این ضرایب به عنوان تابعی از پارامترهای زیر بیان نمود:

پ-۷-۱ زبری سطحی نسبی

$$e=k/D \qquad (۹۱)$$

که در آن:

k: ارتفاع زبری مطلق

D: قطر مؤثر (که شامل رویش جانداران دریایی نیز می‌باشد.)

omoorepeyman.ir

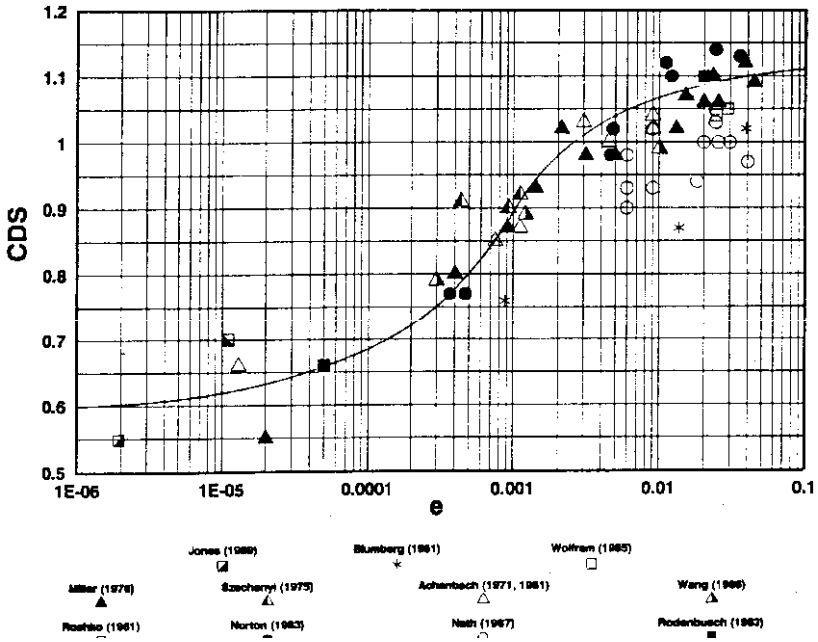
وابستگی ضریب درگ برای جریانهای دایمی C_{ds} با اعداد رینولدز فوق بحرانی، نسبت به زبری سطح (برای اعضا یا زبری سخت) در شکل پ-۴ نشان داده شده است.

به طور کلی پس از رشد جانداران بر روی سکوهای دریایی، زبری اعضا $e>10^{-3}$ می‌باشد. بنابراین در غیاب اطلاعات بهتر در مورد مقادیر زبری سطح و تغییرات آن با عمق برای یک محل مشخص، منطقی است که C_{ds}=۱-۱/۱ برای تمام اعضا در نظر گرفته شود.

برای اعضای بالای سطح بالاترین مد، تخمین منطقی از زبری سطحی برابر k=۰/۰۵ میلیمتر می‌باشد که مقدار C_{ds} در محدوده ۰/۷-۰/۶ برای قطرهای معمول را می‌دهد. تمام اعداد و داده‌ها در شکل پ-۴، برای استوانه‌هایی هستند که به طور متراکم توسط زبری سطح پوشیده شده‌اند. اندازه‌گیری نیرو نشان می‌دهد که کاهش کمی در تأثیر زبری سطحی برای سطحهای پوشیده به میزان (۱۰٪) وجود دارد و برای یک سطح که کمتر از (۳٪) پوشیده شده باشد، مقدار اثر زبری سطح، قابل صرف نظر کردن است.

تأثیر رویش نرم و انعطاف‌پذیر بر روی مقدار C_{ds}، بسیار ناچیز می‌باشد. آزمایشهای انجام شده توسط **Nuth** نشان می‌دهد که گیاهان نرم، تأثیر اندکی در مقدار C_{ds} دارند. برای اعضای استوانه‌ای که مقطع عرض آنها دایره‌ای نیست، C_{ds} می‌تواند مستقل از زبری سطحی فرض شود. مقادیر مناسب توسط **DNV** ارایه شده است. زبری سطحی همچنین ضریب اینرسی را در جریان نوسانی تحت تأثیر قرار می‌دهد. به طور کلی، همان‌گونه که مقدار C_d با میزان زبری افزایش می‌یابد، مقدار C_m کاهش می‌یابد. اطلاعات بیشتر در بندهای زیر آمده است.

omoorepeyman.ir



شکل پ-۴ وابستگی ضریب درگ جریان دایم به زبری سطحی نسبی

پ-۷-۲ عدد رینولدز

$$R_m=U_mD/\upsilon \qquad (۹۲)$$

که در آن:

U_m: ماکزیمم سرعت عمود بر استوانه در نیم‌چرخه موج

υ: ویسکوزیته سینماتیکی آب

ضرایب نیرو برای اعضایی که مقطع عرضی آنها گوشه‌های تند دارد، به عدد رینولدز وابسته نیستند، اما ضرایب استوانه‌های دایره‌ای، وابسته به عدد رینولدز هستند.

خوشبختانه برای اکثر سازه‌های فراساحلی در شرایط حدی طراحی، اعداد رینولدز به طور کامل به سمت رژیم جریان فوق بحرانی تمایل دارند که در این حالت، ضریب C_{ds} برای استوانه‌های دایره‌ای مستقل از عدد رینولدز است. با این حال در شرایط کمتر بحرانی نظیر محاسبات خستگی، بعضی از اعضای سکو می‌توانند در رژیم بحرانی قرار گیرند. به کار بردن مقدار C_{ds} برای شرایط فوق بحرانی در

omoorepeyman.ir

چنین مواردی، در محاسبات نیروی استاتیک امواج محافظه‌کارانه خواهد بود، اما برای محاسبه میرایی سازه‌هایی که به طور دینامیکی تحریک می‌شوند، غیر محافظه‌کارانه خواهد بود.

در آزمایشهای آزمایشگاهی بر روی مدلهای مقیاس سکوها با اعضای استوانه‌ای دایره‌ای، فرد باید از وابستگی C_d به عدد رینولدز آگاه باشد. بخصوص مقیاس مدل و زبری سطحی، باید طوری انتخاب شوند که وابستگی عدد رینولدز، حذف یا به حداقل رسانده شود و اختلاف بین C_{ds} مقیاس مدل و مقیاس اصل، در کاربرد نتایج مدل به مقیاس اصلی سازه در نظر گرفته شود.

پ-۷-۳ عدد کولگان - کارپنتر

$$K=2U_mT_2/D \quad (۹۳)$$

که در آن:

T_2: مدت زمان چرخه موج

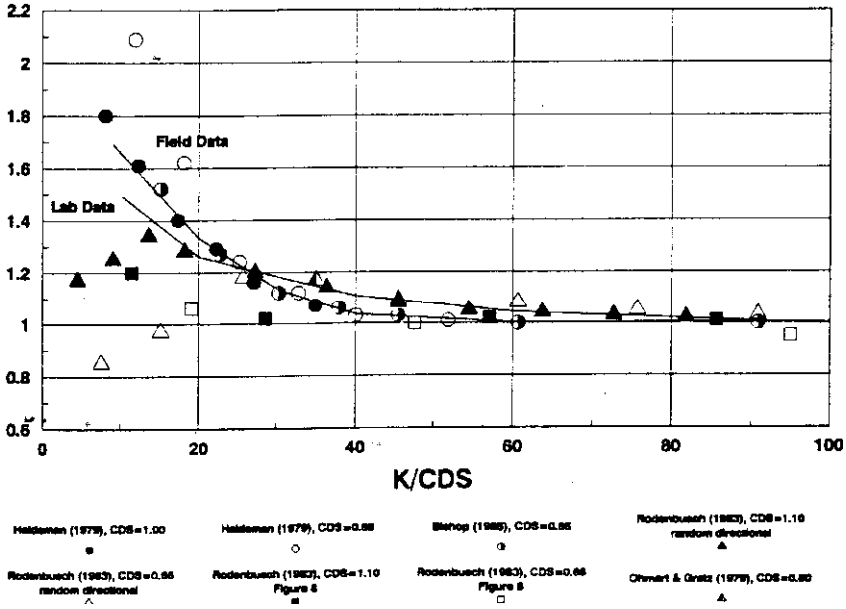
این پارامتر یک معیار برای میزان غیر دایمی بودن جریان است که متناسب با فاصله عمودی طی شده تا محور عضو توسط ذره سیال غیر آشفته، در یک چرخه نیم‌موج می‌باشد. برای یک سکوی شابلونی با مقیاس اصلی در طراحی شرایط طوفان، **K** به طور کلی بزرگتر از ۴۰ است و نیروی درگ بر نیروی اینرسی غالب است. از طرف دیگر برای ستونهای دارای قطر بزرگ یک سکوی وزنی، **K** ممکن است کمتر از ۱۰ باشد و نیروی اینرسی بر نیروی درگ غالب باشد.

پارامتر **K**، همچنین معیاری برای نشان دادن اثر اعضای نزدیک به هم، در امواج محسوب می‌شود. وقتی سیال در عرض عضوی حرکت می‌کند، دنباله‌هایی به وجود می‌آیند. هنگامی که جریان نوسان معکوس می‌شود، ذرات سیال در دنباله سریع‌تر برمی‌گردند و با سرعت بزرگتر از ذرات سیال آشفته نشده، به عضو ضربه می‌زنند. برای **K**های بزرگ، دنباله بیشتر پیش می‌رود و قبل از بازگشت به استوانه، از بین می‌رود و احتمال ضربه زدن به استوانه کم است.

در شکل پ-۵، مقادیر ضریب درگ داده شده‌اند که برای محاسبه نیروها بر روی اعضای نزدیک به قائم در محیط طوفانی شدید، مناسب هستند. تمام این داده‌ها، در رژیم جریان فوق بحرانی به دست آمده‌اند که در آن C_{ds}، به طور عملی، مستقل از عدد رینولدز است.

omoorepeyman.ir

در طراحی یک سازه که شامل یک ستون ایزوله شده است، باید پراکندگی در داده‌های C_d، با دلیل قابل حصول باشد. از این نظر داده‌های **Sarpkaya** (۱۹۸۶) برای حرکت نوسانی سینوسی یک بعدی که به طور قابل توجهی از شکل حذف شده‌اند، کران بالایی را نشان می‌دهند. اما برای سازه‌هایی که شامل عضوهای زیادی هستند، از پراکندگی C_d، می‌توان صرف نظر کرد.



شکل پ-۵ ضریب درگ به صورت تابعی از K/CDS

◄ پ-۷-۴ نسبت سرعت جریان به سرعت موج

$$r=V_I/U_{m0} \qquad (۹۴)$$

که در آن:

V_I: سرعت مؤلفه جریان (با موج)

U_{mo}: سرعت اربیتالی ماکزیمم ناشی از موج

شکل پ-۶ ضرایب درگ را برای **K<۱۲** نشان می‌دهد که برای محاسبه نیروهای روی اعضایی که به طور تقریبی قائم و سخت می‌باشند، شرایط کمتر بحرانی مناسب می‌باشند. مقادیر داده شده در شکل مذکور، همچنین برای به دست آوردن میرایی ناشی از درگ در شرایط تحریک سازه بر اثر زلزله مناسب

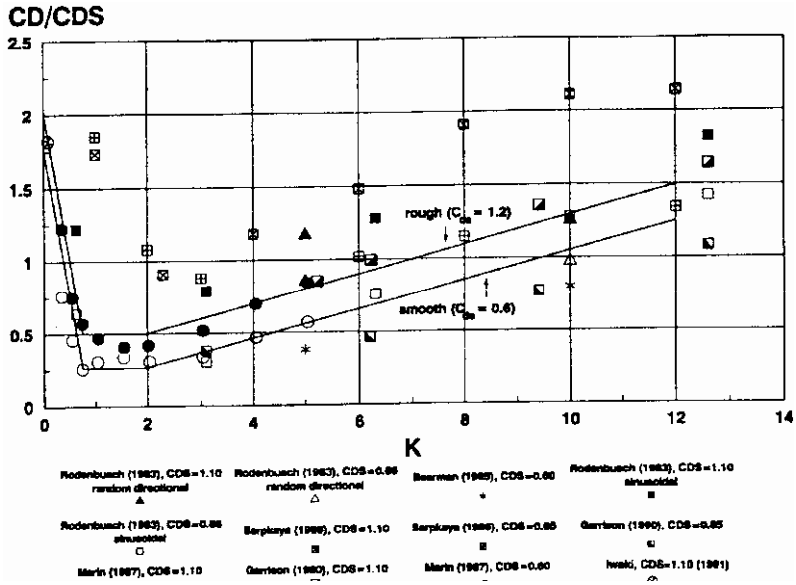
omoorepeyman.ir

هستند. برای شرایط $K<۱۲$، در صورتی که K بر C_{ds} تقسیم گردد، مقادیر درگ برای سیلندر صاف و زبر مشابه هستند.

شکلهای پ-۷ و پ-۸، مقادیر ضریب اینرسی C_m را برای سیلندرهایی که به طور تقریبی قائم می‌باشند، نشان می‌دهند. شکل پ-۶ نشان می‌دهد که مقدار C_m، هم برای سیلندر صاف و هم برای سیلندر زبر، برای $K<۳$، به مقدار تئوریکی ۲ نزدیک است.

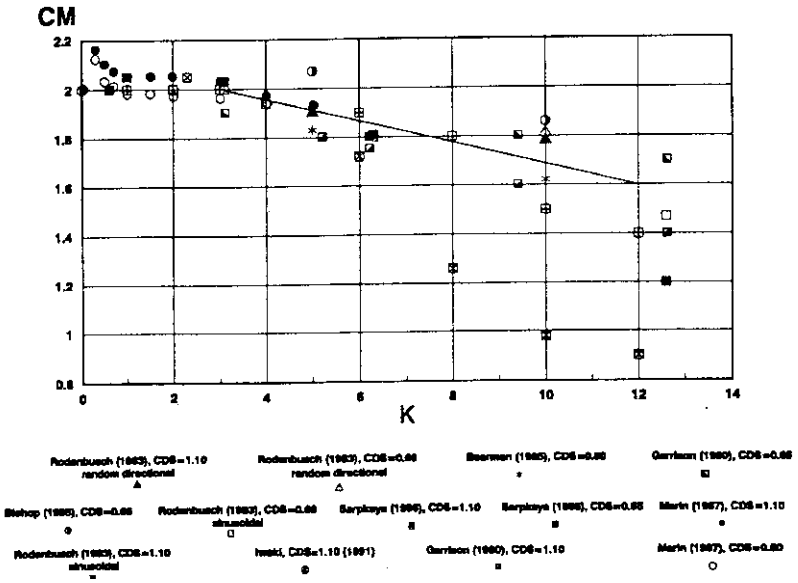
اگر چه نمودارهای پ-۵ تا پ-۸ برای سیلندرهای دارای مقطع دایره‌ای هستند، از این نمودارها می‌توان برای سیلندرهای غیر دایره‌ای هم استفاده کرد، به شرطی که مقدار مناسب C_{ds} به کار برده شود و C_m در مقدار $C_{m0}/2$ ضرب شود، که C_{m0} مقدار تئوریکی ضریب اینرسی C_m، برای سیلندر غیر دایره‌ای در شرایطی است که K به سمت صفر میل می‌کند.

افزون بر مطالب فوق، بر خلاف این که مقادیر داده شده در شکلهای پ-۵ تا پ-۸ برای امواج منظم به دست آمده‌اند، می‌توان آنها را برای تحلیل امواج تصادفی هم به کار برد، به شرط این که ارتفاع موج مشخصه H_s و دوره تناوب پیک برای محاسبه K، به کار رود.

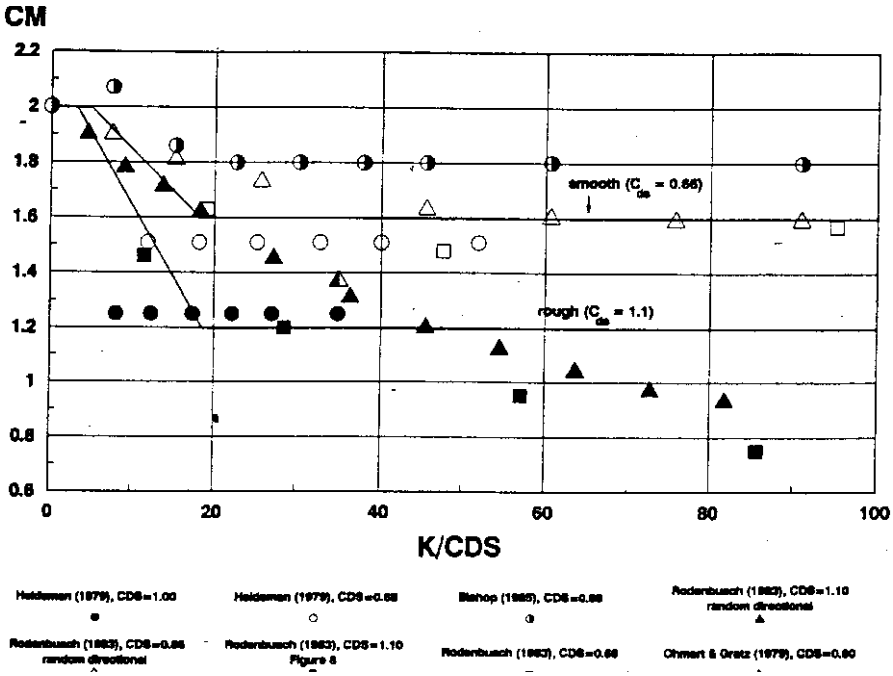


شکل پ-۶ ضریب درگ به صورت تابعی از K

omoorepeyman.ir



شکل پ-۷ ضریب اینرسی به صورت تابعی از K



شکل پ-۸ ضریب اینرسی به صورت تابعی از K/C_{DS}

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

مراجع

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

1- Commentary, Recommended Practice for Planning ,Designing and Constructing Fixed offshorePlatforms - Working Stress Design RP 2A-WSD, 1993.

2- Det Norske Veritas, "Rules for Design, Construction, and Inspection of Offshore Structures; Appendix 13, Loads, 1977.

3- T. Sarpkaya and M. Isaacson, "Mechanics of Wave Forces on Off shore Structures", Van Nostrand Reinhold Co, 1981.

4- R.C. MacCamy and R.A. Fuchs, "Wave Forces on Piles: A Diffraction Theory", U.S.Army Corps of Engineers, Beach Erosion Board, Tech. Memo, No. 69, 1954.

5- Kuang, J.G.; Potuin, A.B.; Leick, R.D and Kahlich, U.L.; "Stress Concentration in Tubular Joints", J. of Soc. Of Petroleum Eng., Aug. 1977.

6- Kinra, R.K.; Marshall, P.W.; "Fatigue Analysis of the Cognac Platform" SPE 8600, J. of Petroleum Technology, March 1980.

7- Wordsworth, A.C.; Semedley, G.P. "Stress Concentration at Unstiffened Tubular Joints" Paper 31, European Offshore Steels Research Seminar, The Welding Institute, Nov. 1978.

8- Wordsworth, A.C. "Stress Concentration Factors at K and KT Tubular Joints" Paper 7, Fatigue in Offshore Structural Steel, Institute of Civil Engineers, London, 1981.

9- Gibstein, M.B. "Parametric Stress Analysis of T Joints" Paper 26, European Offshore Steels Research Seminar, the Welding Institute, November 1978.

10- Buitrago, J.; Zettlemoyer, N.; and Kahlich, J. "Combined Hot-Spot Stress Procedures for Tubular Joints" OTC 4775, Offshore Technology Conference Proceedings, May 1984.

11- Tebett, I.E.; and Lalani, M. "A New Approach to Stress Concentration Factors for Tubular Joint Design" OTC 4285, offshore Technology Conference Proceedings, May 1984.

12- Reese و L و D., "A Design method for an anchor pile in mooring system", OTC 1745 May, 1973.

13- Stonsifer, F., R., Smith, H.L., "Tensile fatigue in wire rope." OTC 3419 (May 1979)

14- Ronson, K.T., "Ropes for deep water mooring," OTC 3850 (May 1980)

omoorepeyman.ir

15- N. K Department of Energy, offshore. Installation, Guidance on Design and constructions Amendment No. 4, April 1982.

16- Dalrymple, R. A., and Heideman, J.C., "Nonlinear Water Waves on a Vertically-Sheared Current," E & P Forum Workshop, "Wave and Current Kinematics and Loading", Paris, 1989.

17- Eastwood, J. W., and Watson, C.J. H., "Implications of Wave Current Interaction for Offshore Design," E & P Forum Workshop, "Wave and Current Kinematics and Loading", Paris, 1989.

18- Hanif, M., and Boyd, M. J., "Experimental Analysis of Wave Interaction with Pile Structures," Conference on Coastal and Ocean Engineering, Perth, Nov. 1981.

19- Kirby, J. T., and Chen, T. M., "Surface Waves on Vertically Sheared Flows, Approximate Dispersion Relations," Journal of Geophysical Research, January 1989.

20- Lambrakos, K. F., Steele, K. M., and Finn, L.D., "Wake and Sheilding Effects on Hydrodynamic Loading," Proc. Of E & P Workshop, "Wave and Current Kinematics and Loading", Paris, 1989.

21- Shankar, N. J. and Khander, M. H. A., "Performance Characteristics of Closely Spaced Pile Breakwaters. Conference on Coastal and Ocean Engineering, Perth, Nov. 1981.

22- Taylor, P. H., "Current Blockage: Reduced Forces on Offshore Space-Frame Structures," Offshore Technology Conferences, OTC 6519, 1991.

omoorepeyman.ir

واژه‌نامه

omoorepeyman.ir

A

Accidental loads..... بارهای تصادفی

Allowable stress design ..... روش تنش مجاز

Astronomical Tide..... شرایط محیطی حدی

Axial tension ..... کشش محوری

B

Boat landing ..... پهلوگیرها

C

Compliant..... منعطف

Congested joints..... اتصالات متراکم

Conventional..... جاکت سنتی

D

Deck ..... عرشه

E

Endurance limit ..... حد طاقت

F

Flooded ..... غرقاب

Flooding system..... سیستم غرقاب نمودن

G

Grouting..... سیستم تزریق دوغاب

Guyed tower ..... برجهای مهار شده

I

Impressed current..... جریان تزریقی

J

Jack up..... سکوهای خودبالابر

Jetting system ..... سیستمهای آب شویندگی

L

Launch system ..... سیستم به آب اندازی

Liquefaction ..... روانگرایی

Load out..... بارگیری

M

Mud mat..... بستر سازه

N

Naval architecture ..... معماری دریایی

Notch Toughness ..... چغرمگی

O

Operational loads ..... بارهای عملکردی

Over-consolidated..... اضافه تحکیم

P

Pile ..... شمع

S

Scour ..... فرسایش- آبشستگی

Seapastening..... مهار سکو

Semi-Submersible..... نیمه مستغرق

Shear ..... برش

Strength Level Earthquake زلزله سطح مقاومت

Stress concentration factors..... تمرکز تنش

Superstructure..... روسازه

T

Tension leg..... سکوهای پایه کششی

Tolerances..... رواداریها

U

Unbraced length..... طول مهار نشده

V

Visual inspection ..... بازرسی بصری

Vortex shedding..... گردابه‌ها

W

Wind Tide ..... جزرو مد نجومی

omoorepeyman.ir

خواننده گرامی

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر چهارصد عنوان نشریه تخصصی – فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به‌صورت تألیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه پیوست در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیتهای عمرانی به کار برده شود. به این لحاظ برای آشنایی بیشتر، فهرست عناوین نشریاتی که طی دو سال اخیر به چاپ رسیده است به اطلاع استفاده‌کنندگان و دانش‌پژوهان محترم رسانده می‌شود.

لطفاً برای اطلاعات بیشتر به سایت اینترنتی **http://tec.mporg.ir** مراجعه نمایید.

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

omoorepeyman.ir

Islamic Republic of Iran

Ports and Marine Structures Design Manual

(Marine Jackets)

No: 300-9

Management and Planning Organization
Office of the Deputy for Technical Affairs
Technical, Criteria Codification and
Earthquake Risk Reduction Affairs Bureau

Ministry of Roads and Transportation
Deputy of Education, Research
and Technology
Transportation Research Institute

2006

omoorepeyman.ir

این نشریه
با عنوان « آیین‌نامه طراحی بنادر و سازه‌های دریایی ایران (سکوهای دریایی)»، شامل نه فصل است.
برنامه‌ریزی، فرایندهای ساحلی، ضوابط طراحی سازه‌های فولادی، طراحی شالوده، طراحی سایر اجزای سازه‌ای، کاربرد مصالح در سکوهای دریایی، ساخت سکوهای دریایی، حمل و نصب سکوهای دریایی و بازرسی‌ها، فصلهای مختلف نشریه را تشکیل می‌دهند.
دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر می‌توانند از این نشریه به عنوان راهنما استفاده کنند.

omoorepeyman.ir