بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی مالک اشتر

دانشکده علوم و مهندسی دریایی

پایان نامه کارشناسی

آشنایی با انواع سکوهای ثابت و متحرک دریایی

دانشجو:

مرتضی نعمانی

استاد راهنما:

مهندس مهرشاد مشرف جوادی

استاد ناظر:

مهندس محمد مونسان

تابستان ۱۳۸۸

با تشکر از جناب آقای مهندس مهرشاد مشرف جوادی که در طی انجام این پروژه و مراحل تنظیم آن اینجانب را

مورد لطف خودشان قرار دادند و نیز از جناب آقای مهندس محمد مونسان که در این راه اینجانب را یاری رسانیدند کمال تشکر

و قدردانی را دارم.

سپاس فراوان از پدر مهربانم به خاطر حمایت هایش و مادر نازنینم به خاطر مهربانی و محبتش.

در پایان از تمامی دوستان عزیزم که کمک و وجودشان شادی بخش لحظاتم بود کمال تشکر را دارم. همچنین از برادر گرامیم،

مهندس بهروز نعمانی و خواهران ارجمندم که در این فعالیت در کنارم بودند، سپاسگزارم.

مرتضی نعمانی

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول: مقدمه - سازه های ثابت و متحرک دریایی.....۱

فصل دوم : سازه های ثابت..... ۶

۲-۱ سازه های رودخانه ای و کم عمق ۶

۲-۱-۱ سازه های رودخانه ای ۶

۲-۱-۱ -۱ دیواره حائل لانه زنبوری ستون های روقه ای ۶

۲-۱-۲ سازه های بتنی شناور.....۹

۲-۱-۲-۱پیش سازی ۱۰

۲-۱-۲-۲به آب اندازی (لانچینگ) ۱۲

۲-۱-۲-۳ نصب ۱۳

۲-۱-۲-۴ تسطیح کردن لایه ها ۱۴

۲-۱-۲-۵ under fill.....۱۷

۲-۱-۳ ستون ها برای پل های روی آب ۱۸

۲-۱-۳-۱ caisson جعبه ای برای ستون های پل های روی آب ۲۰

۲-۱-۳-۱-۱ Caisson های پایه ثقلی ۲۰

۲-۱-۳-۱-۲بدنه ستون پیش ساخته ۲۸

۲-۱-۳-۱-۳ ستون پشتیبانی کننده قالب های پی ۲۹

۲-۱-۴ شمع های لوله ای قطر بزرگ و شمع های حفاری شده ۳۱

۲-۱-۴-۱شمع های لوله ای فولادی با قطر خیلی بزرگ..... ۳۸

۲-۱-۴-۲ ستون های لوله ای بتنی پیش ساخته ۳۶

۲-۱-۴-۳ اتصال ستون ها به پای ستون ها ۴۲

۲-۱-۴-۴ ستون مایل قطر بزرگ ۴۳

۲-۱-۵ دیواره حائل شمع های پل ۴۷

۲-۱-۵-۱ دیواره حائل ورقه ای فولادی ۴۷

۲-۱-۵-۲ تزریق دوغاب دیواره حائل ۵۱

۲-۱-۶ تونل پیش ساخته زیر آب (tube) ۵۲

۲-۱-۶-۱تونل کامپیوزیتی بتن – فولاد پیش ساخته ۵۳

۲-۱-۶-۲ قسمتهای تونلی یکپارچه پیش ساخته ۵۴

۲-۱-۶-۳ آماده سازی معبر گود برداری شده ۵۵

۲-۱-۶-۴ نصب قطعات ۵۷

۲-۱-۶-۵ پر کردن زیر و روی خطوط لوله ۵۹

۲-۱-۶-۶ غوطه وری و مهار لوله ها ۵۹

۲-۱-۷ موانع امواج طوفانی ۶۰

۲-۱-۷-۱ مانع امواج طوفانی ونیز ۶۱

۲-۱-۷-۲ مانع امواج طوفانی «اشتر شیلد» ۶۳

۲-۲ سازه های ساحلی ۶۷

۲-۲-۱ دهانه های خروجی و ورودی اقیانوسها ۶۸

۲-۲-۲ موج شکن ۸۱

۲-۲-۲-۱ موج شکن صخره ای (Rubble mound breakwater) ۸۲

۲-۲-۲-۲ موج شکن مدل جعبه ای (caisson) ۸۹

۲-۲-۲-۳ موج شکن سلولی با ستون ورقه ای فولادی ۹۰

۲-۲-۳ ترمینال فراساحل ۹۲

۲-۳ سازه های فرا ساحل ۱۱۳

۲-۳-۱ سکو های فراساحل فولادی ۱۱۳

۲-۳-۱-۱ ساخت جکت های فولادی ۱۱۵

۲-۳-۱-۲ انتقال و به آب اندازی جکت فولادی ۱۱۷

۲-۳-۱-۳ راست نشاندن جکت ۱۴۶

۲-۳-۱-۴ نصب روی بستر دریا ۱۵۳

۲-۳-۱-۵ نصب عرشه ۱۵۷

۲-۳-۱-۶ نمونه ها ۱۶۲

۲-۳-۲ سازه های ترکیبی ۱۷۴

۲-۳-۲-۱ سکوهای ترکیبی بتن- فولاد ۱۷۴

۲-۳-۲-۲ سکوهای ترکیبی قطبی ۱۷۷

۲-۳-۲-۲-۱ سکوهای برجی فولادی قطبی ۱۷۷

۲-۳-۲-۲-۲ Caisson نگهدارنده جزایر مصنوعی ۱۷۸

۲-۳-۲-۲-۳ Caisson های با پی وزنی آبهای کم عمق ۱۷۸

۲-۳-۲-۲-۴ سازه های جک آپ ۱۸۰

۲-۳-۲-۲-۵ ساخت کف سازی های عمیق قطبی ۱۸۱

۲-۳-۲-۲-۶ دیوار های پشتیبانی و قالب های کف دریا ۱۸۲

۲-۳-۲-۲-۷ موج شکن ها / منحرف کننده های یخ ۱۸۳

۲-۳-۲-۲-۸ نصب در موقعیت ۱۸۳

۲-۳-۲-۲-۹ دوام ۱۹۲

۲-۳-۲-۳ نصب خط لوله در قطب ۱۹۵

۲-۳-۲-۴ مسیر های یخی ۱۹۸

فصل سوم : سازه های متحرک ۲۰۱

۳-۱ سازه های آب عمیق ۲۰۱

۳-۱-۱ شرایط و پدیده ها برای عملیات در عمق دریا ۲۰۲

۳-۱-۲ تکنیک ها برای سازه های آبهای عمیق ۲۰۳

۳-۱-۳ سکو ها در دریای عمیق ۲۰۵

۳-۱-۳-۱ برج مهار شده ۲۰۵

۳-۱-۳-۲ برج مفصلی ۲۰۷

۳-۱-۴ سکو با پایه بلند(TLP) ۲۰۸

۳-۱-۵ تیر دکل (SPARS) ۲۱۱

۳-۱-۶ ابزار های مهار آب های عمیق ۲۱۲

۳-۱-۷ عملیات ساخت روی بستر عمیق..... ۲۱۷

۳-۱-۸ لوله گذاری آب های عمیق ۲۲۳

۳-۲-۹ پایه های پل های آب عمیق..... ۲۲۷

۳-۲ سکوهای بتنی فرا ساحلی دریا : بناهای مبنی بر نیروی ثقل ۲۲۹

۳-۲-۱ مراحل ساخت ۲۳۴

۳-۲-۲ بالا بردن جعبه – تعامل پایه ۲۹۲

۳-۲-۳ ساخت زیر پایه ۲۹۸

۳-۲-۴ سکو قابل انتقال ۲۹۹

۳-۳ سازه های شناور قطبی ۳۰۰

فصل چهارم : عملیات و تجهیزات ۳۰۲

۴-۱ بتن ریزی و دوغاب پاشی زیر آب ۳۰۲

۴-۱-۱ ترکیبات بتنی زیر آب ۳۰۳

۴-۱-۲ قرار دادن لوله انتقال بتن ۳۰۶

۴-۱-۳ ترکیبات مخصوص برای بتن ریزی زیر آب ۳۰۹

۴-۱-۴ پمپاژ بتن و دوغاب سیمان ۳۱۰

۴-۱-۵ دوغاب ریزی زیر بستر ۳۱۱

۴-۱-۶ بتن ریزی برای انتقال نیرو از شمع به غلاف ها و پایه های جکت ۳۱۳

۴-۱-۷ بتن زیر آب با استحکام پایین ۳۱۳

۴-۲ تجهیزات غواصی و بازرسی زیر آب ۳۱۴

۴-۳ ROV شناور عملیاتی کنترل از راه دور ۳۱۷

۴-۴ شناور های کمکی ۳۲۰

۴-۴-۱ بارج ۳۲۰

۴-۴-۱-۱ بارج جرثقیل دار ۳۲۴

۴-۴-۱-۲ بارج سازه ای jack-up ۳۲۷

۴-۴-۱-۳ بارج آب اندازی ۳۲۹

۴-۴-۱-۴ بارج لوله گذار ۳۳۱

۴-۴-۲ لایروب های فراساحل ۳۳۴

۴-۴-۳ قایق های یدک کش ۳۳۸

۴-۴-۴ شناور های حفاری ۳۴۲

۴-۴-۵ ماشین آلات بتن ریزی شناور ۳۴۳

چکیده :

در این پایان نامه با سازه های ثابت و متحرک دریایی و دسته بندی آنها، به طور مختصر درباره مراحل ساخت آنها و تجهیزات مورد استفاده در مراحل ساخت آشنا می شویم .

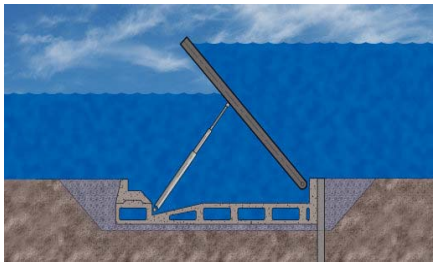
منظور از سازه های ثابت، سازه های است که در موقعیت فعالیت خود به صورت دائمی ساخته شده و بکار گرفته می شوند و امکان جابجایی و تغییر موقعیتشان وجود ندارد. از این قبیل سازه ها می توان به پل ها، سدها، موج شکن ها ، ترمینال های فراساحل و.. نام برد. در این پایان نامه به سازه های مناطق کم عمق، سازه های ساحلی و سازه های فراساحل و نحوه‌ی ساخت آنها می پردازیم.

سازه های متحرک دریایی به سازه هایی گفته می شوند که پس از انجام فعالیت در یک حوزه، می‌توانند تغییر موقعیت داده و به حوزه‌ی فعالیت دیگری جابجا شوند. همچنین به سازه های آب های عمیق یا سازه هایی که با بستر دریا ارتباط مستقیم نداشته، بلکه توسط ابزار مهار در موقعیتشان ثابت می شوند هم عنوان سازه‌ی متحرک اطلاق می شود. از این نوع سازه ها می توان به سکو های با بستر وزنی،جکت ها، برج های TLP ، سکو های آب عمیق اشاره نمود.

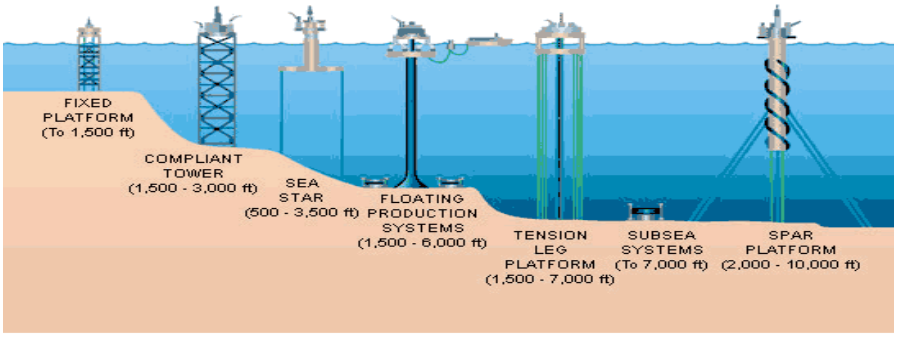
در ساخت سازه های دریایی از ابزار ، تجهیزات و روش های خاصی نیز استفاده می شود که در بخش آخر این پایان نامه به ذکر این موارد و توضیح مختصری درباره آنها می پردازیم.

فصل اول: مقدمه - سازه های ثابت و متحرک دریایی

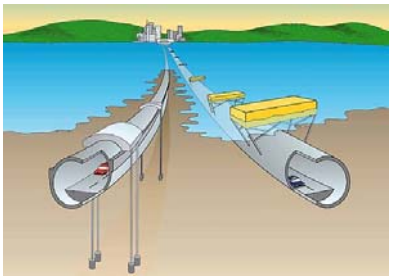
این عنوان به سازه هایی اطلاق می گرد که نه به قصد شناوری و حمل محموله، بلکه برای مقاصد دیگر در قسمت های ساحلی و فراساحل به کار می روند. همان طور که از این تعریف پیداست ، این سازه ها با اهداف مختلفی ساخته شده و استفاده می شوند که عبارتند از:



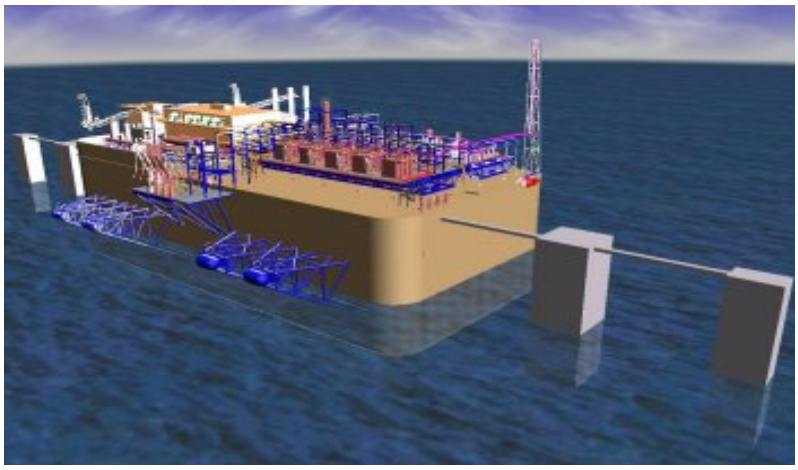
شکل۱-۱ : جلوگیری کردن از امواج طوفانی شکل ۱-۲ : مسیر عبور وسایل نقلیه از روی آب(پل ها)



شکل ۱-۳ :سکو های حفاری های اکتشافی و بهره برداری نفتی و معدنی



شکل۱-۴ :تونل و لوله گذاری در کف دریا و رودخانه شکل ۱-۵ : موج شکن



شکل ۱-۶ : ترمینال های بارگیری و تخلیه بار ساحلی و فراساحل

به این منظور صنعت این سازه ها پیشرفت روز افزونی داشته و امروزه جزء مفیدترین و پیشرفته ترین فعالیت های صنعتی محسوب می گردد.

این سازه ها به دو قسمت سازه های ثابت دریایی و سازه های متحرک دریایی تقسیم بندی شده اند.

سازه های ثابت دریایی:

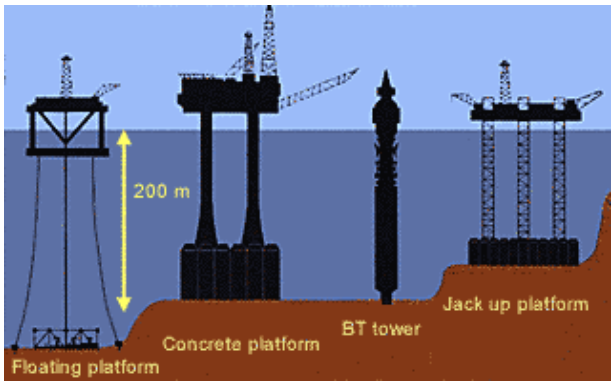
به سازه هایی گفته می شود که به طور دائمی در منطقه فعالیت باقی مانده و امکان حرکت کردن و جابجایی آنها به محل دیگر وجود ندارد.از این نوع سازه ها که در فصل ۲ به طور کامل توضیح داده شده است میتوان به موارد زیر اشاره کرد.

سازه های رودخانه ای : این نوع سازه ها معمولا در عمق خیلی کم آب ساخته شده و می توان گفت که سازه هایی ساده ولی پر اهمیت هستند. سازه های رودخانه ای شامل سازه هایی مانند پل ها، دیوارهای حائل و... هستند که با نحوه‌ی ساخت ، شمع کوبی و سایر مراحل ایجاد آنها به تفصیل صحبت خواهد شد.

سازه های ساحلی: این سازه ها همانطور که از نامشان پیداست سازه های ثابت ساحلی می باشند که در سواحل کم عمق ساخته شده و استفاده می گردند. از جمله این سازه ها می توان به دهانه های ورودی و خروجی اقیانوس ها، انواع موج شکن ها و ترمینال های ساخلی اشاره نمود که شرح و مراحل و نحوه ساخت آنها در ادامه به طور کامل آمده است.

شکل ۱-۷: دیواره حائل

سازه های فراساحل: سازه های ثابت فراساحل عمدتا سکو های حفاری ، بهره برداری و... هستند که در فصل دوم نحوه ساخت سکوها، جکت ها و چگونگی به آب اندازی و نصبشان به طور کامل توضیح داده شده است. سکوهای فراساحل به دو نوع سکو های فلزی و سازه های ترکیبی تقسیم شده اند که سازه های ترکیبی ازتنوع بیشتری برخوردارند.



شکل ۱-۸: انواع سکوهای ثابت

سازه های ترکیبی فراساحل از ترکیب مواد مختلف ساخته می شوند. سکو های بتن-فولاد سکوهای قطبی و همچنین لوله گذاری های قطبی و مسیرهای یخی در در این قسمت قرار دارند و نحوه ساخت آنها به تفضیل تشریح شده است.

شکل ۱-۹ : سکوی ترکیبی بتن-فولاد

سازه های متحرک دریایی:

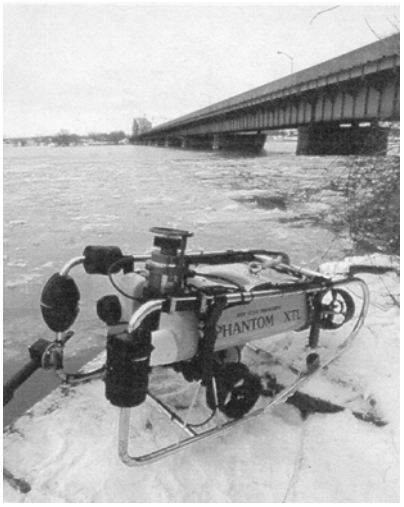
به سازه هایی گفته می شود که به طور دائمی در محل فعالیت نصب نشده اند و میتوان بعد از اتمام فعالیت آنها را به نقطه ای دیگر منتقل کرد. این سازه‌ها معمولا در آب‌های عمیق و یا مناطق قطبی ساخته می شوند.سازه های متحرک دریایی به وسیله‌ی ابزار های مهار مانند بویه ها در روی آب و در محل فعالیت مهار شده و به انجام فعالیت خود می پردازند.

سازه هایی که جزء این دسته از سازه ها قرار میگیرند عبارتند از: سکو های آب عمیق، تیر دکل ها، لوله گذاری های آب عمیق، پایه های پل ها در آب های عمیق،سکوهای بتنی با بستر وزنی و سازه های شناور قطبی .سازه های عنوان شده در بالا ، مراحل و نحوه ساخت آنها به طور کامل درفصول بعدی توضیخ داده شده است. در فصل سوم با سازه های متحرک دریایی آشنا میشویم.

در ساخت ساخت سازه های دریایی از تجهیزات و روشهای مختلفی استفاده می شود. در مورد این تجهیزات می توان به بارج ها، شناور های لایروب ، تجهیزات غواصی ، ROV ها و روشهای بتن ریزی اشاره نمود.

شکل ۱-۱۰ : سکوی متحرک قطبی

شکل ۱-۱۱: بارج یدک کشی در حال یدک کشی سکوی شناور



شکل۱-۱۲: ROV

در مورد این تجهیزات و نحوه‌ی کارایی آنها در فصل چهارم به طور کامل توضیح داده شده است. همچنین در طول مراحل ساخت سازه ها هم راجع به این تجهیزات مطالبی بیان شده است.

فصل دوم : سازه های ثابت

۲-۱ سازه های رودخانه ای و کم عمق

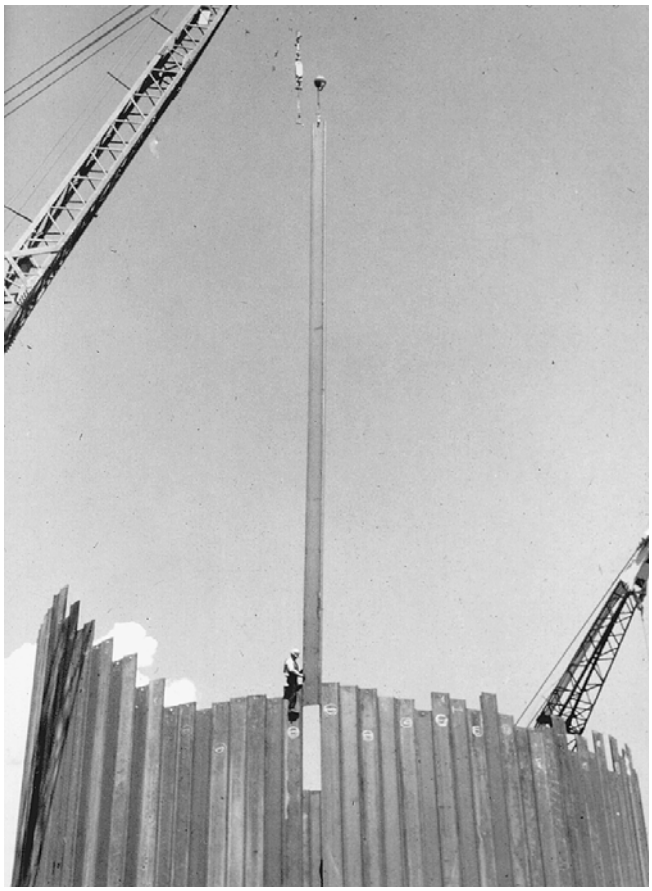
۲-۱-۱ سازه های رودخانه ای

کلیات: این ها شامل قفل ها ، سد های سطح پایین ، ساختار های سرریز و دیواره های سیل گیر می باشد. همه‌ی این ها در خشکی با استفاده از شمع های ورقه ای ساخته می شوند.در سال های اخیر گروه های مهندسین در ایالات متحده تصمیم به تولید بعضی از این ساختار در آب با استفاده از لوازم و روش های ساختارهای زیردریایی گرفتند. این روش ساختاری را ارائه می دهد که قادر است سازه را به صورت پیش ساخته در آورده و سپس به زیر آب منتقل و نصب نماید. فواید اصلی این روش زمان و هزینه ی کمتر و کاهش تداخل در جهت یابی رودخانه ایست. ساخت ستون های ورقه ای هم در خشکی و هم در آب بوسیله روش های زیر دریایی و روش های ساحلی شرح داده خواهندشد.

۲-۱-۱-۱ دیواره‌ی حائل لانه زنبوری ستون های روقه ای

با این روش قسمتی از رود خانه، معمولا یک سوم یا یک چهارم بسته و توسط سلول‌های ستون ورقه‌ای چندگانه محصور می شود. ممکن است پیشاپیش محل برای پاک سازی مواد نامناسب، لایروبی شود. هر سلول به صورت دایره ایست با قطری تقریبا به اندازه ای که برای آن عمق آب ، طراحی شده است. دو یا سه تیر لوله ای به عنوان یک قاب فضایی گذاشته می شوند و سپس توسط پایه های موقتی در جای خود نگهداری می شود. آنگاه ستون های فولادی ورقه ای تخت به دور تیر های لوله ای نصب می شوند تا آن را به طور کامل عمودی نگاه دارند.

برای اطمینان از فاصله گذاری مناسب، محل هر تیر ورقه ای باید از قبل بر روی تیر بالایی مشخص شود. در آب های عمیق و آب های پر سرعت ممکن است نیاز شود تیر پایینی در زیر آب گذاشته شود. بعد از آن ورقه ها بوسیله یک چکش به صورت تصاعدی دور حلقه کار گذاشته می شوند و هر دور به اندازه ی حداکثر یک و نیم متر زیر ورقه ی قبلی حرکت می کند. شکل ۲-۱ را ببینید.



شکل ۲-۱: دیواره حائل

سطح آب و فشار در داخل سلول ها محاسبه شده هستند بنابراین وسیله که میزان آبگیری را اندازه گیری می کنند می تواند به عنوان مبنا نصب شود. انحراف سنج (incleanometr) سلول ها را برای هر گرایش به ضعیف شدن چک می کند. اگر طغیان رودخانه از دیواره حائل بلند تر باشد خطرناک است و سلول تشکیل شده از دیواره حائل غرق می شود. انتهای سازه جدید دیواره حائل به هم متصل می شود.

پس از اینکه ساخت سازه کامل شد، دیواره حائل غرق شده و ستون های ورقه‌ای برای استفاده‌ی مجدد در مرحله بعدی ساخت دیواره حائل بیرون کشیده می شود. همیشه یک مقدار صدمه در ستون های ورقه ای بوجود می آید ، بنابر این فقط ۷۵ تا ۸۰ درصد برای استفاده در مراحل بعدی قابل استفاده هستند .

نصب ستون های ورقه ای با سطح مقطع تخت وقتی که آب عمیق باشد وضعیت دشواری بوده و جریان آب قوی و ستون های ورقه ای طویل می باشد. ستون ها در ابتدا قبل از اینکه حمل شوند، باید به سمت محور قوی ترشان چرخانده شوند. در حین جابجایی ستون های باید بوسیله کابل اتصالی کنترل شوند، زیرا در غیر این صورت باد آنها را غیر قابل کنترل خواهد کرد. در کابل‌کشی‌کردن نیاز است که از دست استفاده شود. یک شخص با استفاده از یک صندلی قابل انتقال، ورق های فلزی جاگذاری شده را قرار داده و اتصالات را نصب می کند. امروزه دو پیشنهاد قابل اجرا و ایمن وجود دارد یکی اینکه تیر لوله ای افقی داشته باشیم که یک شخص بتواند روی آن بایستد و ستون های ورقه ای را به هم پیچ کند و دیگری استفاده ازیک پیچ کننده ی اتوماتیک است که اتصالات را روی ستون های ورقه ای جاگذاری شده نصب می کند. دو کار رایج در نصب ورقه ها به صورت تکی ، سر خوردن آنها به سمت پایین و کار گذاشت قسمتی از دیوار می باشد. در جاهایی که مراحل نصب دو یا تعداد بیشتری ورق می باشد، تیر های لوله ای افقی ضروری است . ورقه ها باید در مقابل باد و اثرات موج از دو طرف محکم باشند. در استحکامات رایج ، استفاده از محافظ های جلوگیری کننده از انحراف ضروری است. آنها می توانند با یک محافظ که به طور موقت پایه های ستون را محکم نگه می دارد ساخته شوند. آنها در پنج متری یا بیشتر در بالادست جریان رودخانه قرار می گیرند. در جریان های ضعیف تر یک بارج با آبخور عمیق که در بالادست لنگر انداخته است می تواند موثر باشد.

۲-۱-۲ سازه های بتنی شناور

کلیات: قسمت های تکمیل شده سازه های ناوبری مثل سد های متحرک و سد های قابل کشتیرانی در یک حوضچه یا اسکله پیش ساخته ، ساخته می شوند ، سپس آب اندازی شده و قسمت های ساخته شده بوسیله تعادل سازی سطح زیرین آنها نصب می شود. این پروسه خیلی شبیه تونل های پیش ساخته پوشش داده شده است (کانال) (در بخش ۲-۱-۶)، با این حال تفاوت های آن مهم می باشد.

اولاً سطح مقطع سازه ها ممکن است نامنظم بوده و نیاز به بالاستینگ ویژه داشته باشد، درنتیجه در طی شناوری باید کجی آن برطرف شود که در قطعات طراحی، جزئیات برای مقاومت در برابر فشار هیدرواستاتیکی درحین نصب دشوار است. ثانیاً اینکه برخلاف کانال ها که در شیارها نصب می شوند، سازه های قابل کشتیرانی در بالای کف درمیان آب گسترده شده ، دیوار آببند کامل از ایجاد پاریز (Under Flow) جلوگیری می کند. ثالثاً در برابر فشار ناموزون آب و در اکثر مکان ها ملاحظات وابسته به زمین لرزه با شکل گیری ستون بندی پشتیبانی جانبی ایجاد می شود . رابعاً سازه های دریایی اغلب اوقات پوشش های زمیمه ای از قبیل دروازه های قابل حرکت نصب شده که به عملیات ویژه ای در طی یدک کشی کردن و نصب نیازمند است دارند. همچنین سازه های دریایی معمولا باید خیلی نزدیک به مجاور سازه هایی که در حال سرویس دادن هستند، نصب شوند.

۲-۱-۲-۱پیش سازی:

فاز اول سازه ها پیش سازی آنها است. به عنوان نمونه این عمل در حوزه سازه رخ می دهد. یک لایه نازک سنگ ریزه در بستر رود خانه قرار داده شده و باصفحات فولادی موج دار یا پلاستیک پوشانده می شود همچنین از صفحات چند لایه ای تخته ای پوشیده شده با پلی اتیلن نیز استفاده می شود.توجه شودکه هر چیز که در کف استفاده می شود با کشش سطحی و شناوری نگه داشته خواهد شد، بنابر این اگر تخته های فلزی موج داده شده یا تخته ی چند لایه بدون پلی اتیلن استفاده شود، آنها باید اتصالی برای نگه داشتن خودشان به کف داشته باشند تا از احتمال افتادن به پایین در زمان نصب جلوگیری به عمل آید، که این کار ممکن است از پیاده سازی عملیات جلوگیری کند. اگر قطعات کف قبلاً تقویت شده باشند، مصالح روکش باید به صورت قطعات کوچک آماده شود. اخیراً کف بتنی سخت با سطح زبر در بستر رودخانه با همبند و قطعات جدید ریخته گری مستقیم پوشانده (روکش) می شوند. از میان فضای لوله ی پلاستیکی در حدود ۵×۵m آب با فشار کم پاشیده شده تا حوزه رودخانه آبگیری شود و بارج یا قطعه به سمت کف حرکت کند. سپس سازه حرکت می کند. اغلب اوقات قطعات پیش ساخته بتنی استفاده شده ، بوسیله ساخته شدن اتصال در محل به هم متصل می شوند. سازه اتصالات باید به طور دقیق با واترجت بالاستیگ آماده شوند. ممکن است از قیدهای کامپوزیتی اپوکسی که برای اتصال سطوح قبل از بتن ریزی به کار می روند ، استفاده شود. مخلوطی که برای اتصالات استفاده می شود باید دوغاب پر کننده باشد. آببندها استفاده نمی شوند ، آنها با جاگذاری بتن به طور صحیح مجهز شده و فقط یک مسیر آببند درست می کنند. فولاد تقویت شده باید از روی سرتاسر اتصال عبور کند. تا موقعی که این یک مطلب برای طراحی باشد ، سازنده باید مراقب نیروی انسانی مورد نیاز در ساخت فولاد باشد. جایگذاری صحیح با شبکه‌ی مفتول (آرماتور) مشکلات را کم می کند .

تقویت بتن در عمق و اتصالات مستحکم ممکن است با یک تیوپ لوله پشتیبانی شود. در زیر تیوپ‌ها لرزش کم شده و فقط در زیر نوک آن ادامه می یابد،سپس هر دو بتدریج از روی بتن به کنارکشیده می‌شود.

قطعات سقفی و دیگر اعضا نزدیک سطح افقی معمولا پیش ساخته یا در همان جا ساخته می شوند. در مصالح کف صفحات فولادی موج دار ، چوب چند لایه و قطعات بتنی پیش ساخته نازک استفاده می‌شود. قطعات نیم ارتفاع بتنی پیش ساخته با تحمل کردن تیر اتصالی تقویتی هم می تواند استفاده شده و با ترکیب با ساخت سر ستون ها در محل طراحی شوند . مرحله نهایی بالکهد گذاری انتهایی می باشد (قرار دادن دیواره عمودی). به مجرد تکمیل عملیات غرقه سازی بستر با یک زمان کافی برای اینکه آب به طور کامل به داخل سنگ ریزه های بستر یا زیر قطعات قبل از رخ دادن شناوری نفوذ کند، انجام می شود. آنگاه سازه می تواند به بیرون حوزه رودخانه وینچ شده و به محل احداث بنا کشیده شود. در روش های دیگر سازه بر روی یک بارج بزرگ یا چند بارج ساخته می شود. بارج انتخاب شده باید توانایی مقاوم در برابر فشار هیدرواستاتیک خارجی وارد شده در اثر فرو رفتن در آب داشته باشد .

بارج های باربری استاندارد ممکن است به اندازه کافی نیرومند نباشند. اگر دو بارج به هم متصل شوند، اتصالات باید برای انتقال ممان و انتقال برش طراحی شود. سرتاسر محل اتصال بوسیله تیرهایی در بالا و کابل هایی در پایین که برای تحمل گشتاور چرخشی و نیروهای محوری مناسب باشد باید تکمیل شوند. اتصالات باید به اندازه کافی درون سازه هر بارج ادامه یابد تا از پیشرفت سطوح ضعیف جلوگیری کند. نیروهای محلی نیز در عرشه دمپ می شود.

بدنه ی بارج اگر در طی ساخت ، شناور باشد در اثر نیرو های ناشی از بتن تغییر شکل خواهد داد. معمولاً بارج ها یک پایه روی زمین یا کف ماسه ای قبل از سازه های بتنی دارند. این عمل به اقدامات سفت شدن بتن بدون ایجاد فضا برای تغییر شکل سرتاسری اجازه خواهد داد.

هرچند حتی اگر سازه ی کامل شده بتواند استحکام برشی را در یک بارج ترکیبی در طی کشش ایجاد کند ، معمولا در طی به آب اندازی (لانچینگ)مناسب نخواهد بود، از این رو اتصالات اضافی اولیه در دو بارج همیشه به کار می رود.

۲-۱-۲-۲ به آب اندازی (لانچینگ)

به آب اندازی از بارج می تواند از دو راه انجام شود، امن ترین و بهترین راه با عملیات بالاستینگ رو به پایین است که در یک سطح نگه داشته می شود. پایداری در طی مراحل مختلف بالاستنیگ باید از این نظر که مرکز گرانش بالای مرکز شناوری است بررسی شود . سطح تراز آب در بارج (آبخور بارج) پایداری را در طی بالاستینگ اولیه فراهم می کند؛ آنگاه معمولاً یک کاهش ناگهانی آبخور بارج بوجود می آید که عرشه در آب فرو می رود، سپس در سطح آب سازه بتنی می تواند پایداری مورد نیاز را ایجاد کند. اما اگر سازه یک برش عمودی در بالای سطح ارتفاع متغییر داشته باشد، در آنجا ممکن است در برخی از عمق ها از حالت شناوری خارج شود که غیر پایدار است. برای این مرحله ،یک بالکهد موقتی برای نگهداری یک سطح آب مناسب مورد نیاز است. وقتی عمق کافی آب برای خروج از شناوری سازه ی بتنی ایجاد شد، بارج زیرین باید به وسیله ی بالاست اضافی از سازه جدا شود .

پس از جدایش زیر بارج پایداری کم یا بدون پایداری است و نمی تواند خودش را کنترل کند . یک راه حل این مشکل به آب اندازه در محلی است که عمق فقط یک متر یا کمی بیشتر از عمق مورد نیاز باشد و کف سازه در سطح آن قرار گیرد.

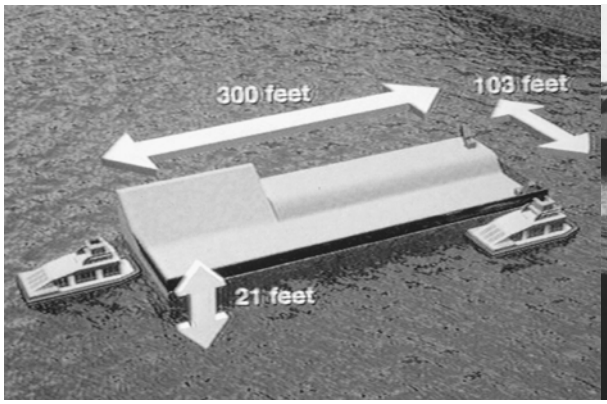
در این حالت بارج در تعادل کامل بوده و بر روی کف قرار می گیرد تا اینکه سازه بتنی به راحتی و درستی کشیده شود. سپس بارج می تواند با پمپ کردن کامپارتمان های انتخابی دوباره متعادل شده و بلند شود، و با استفاده از انتهای در تماس با کف ، پایداری عرضی ایجاد کند.

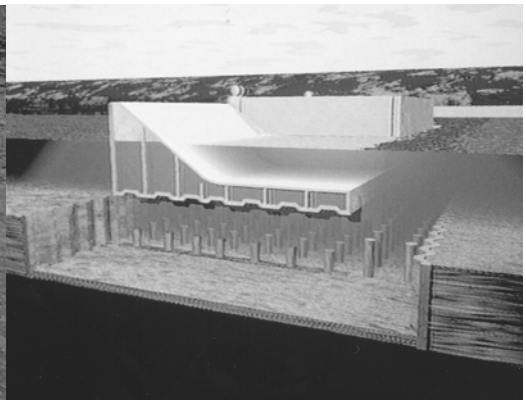
یک سیستم خیلی بهتر، تهیه کردن ستون تو خالی فولادی در کناره های بارج است که ممان اینرسی کافی در سرتاسر سطح آب برای پایداری در همه مراحل فراهم می کند. این عملیات سر دادن به پایین می تواند برای به آب اندازی (لانچینگ) هم، اگر عمق آب کمتر از یک سوم طول بارج نباشد، استفاده شود . موقعیت بحرانی اینجاست که پایداری عرضی عرشه بارج به زیر آب می رود و سازه ترکیبی بارج به چرخیدن به پهلو متمایل می شود. اما این عملیات به طور ذاتی خطرناک ، اگر سازه بتنی اندازه ی کافی برای حفظ پایداری در سطح آب را در طی مراحل شناوری ایجاد کند ، به طور موفقیت آمیزی انجام پذیر است .

۲-۱-۲-۳ نصب

عملیات نصب در یک محوطه ساخت به کنترل افقی و کنترل عمودی نیازمند است. کنترل عمودی معمولاً با ابزار مهار قایق به ساحل (Mooring) بوسیله لنگر ایجاد می شود. وینچ ها روی یک پایه که در آن مکان قرار دارد ثابت شده هستند، به طور نمونه یک قاب فولادی موقتی روی پایه قبلی گذاشته شده و تا بالای آب ادامه می یابد و بدین گونه به یک راه مناسب برای تعیین محل قطعه جدید بر روی واحد قبلی ایجاد می شود. به جز در آب با عمق غیر معمول، این عملی‌تر است که قطعه جدید با دستگاه های الکترونیکی پیچیده ، تشخیص دهنده GPS و تشخیص دهنده ی صوتی زیر آبی کنترل شوند.

قطعه ی جدید می تواند بوسیله گوه ی نوک تیز و یک نوک هدایت کننده پیش بینی موقعیت را هدایت کند. شکل ۲-۲ و ۲-۳ نمای شماتیک از پروسه نصب با برنامه برای قطعات پیش ساخته شناور در سد Braddock در سراسر رودخانه ی Monongahela در پنسیلوانیا است.





شکل ۲-۲ شکل ۲-۳

۲-۱-۲-٤ تسطیح کردن لایه ها

لایه های بتنی قبل از نصب تسطیح می شود . مرحله ی اول تسطیح ارتفاع اضافی می باشد و دومی حذف کردن نیروهای اضافی قسمت قبل است. فاکتور های تعیین کننده ، ظرفیت شالوده ی بنا و طول محدوده‌ی زیر آب قابل قبول در قسمت جدید هستند. روش ساخت تسطیح کردن لایه ها از مجموعه ی بزرگ پروژه‌ها استنتاج می شود.

در نروژ با صخره بیرون زده از آب که قطعه باید روی آن قرار گیرد قطعه بتنی در موقعیت کنار صخره ، کمی پایین تر از سطح دریا ساخته می شود. قطعه لبه های انعطاف پذیر خواهد داشت یا در آب کم عمق (آب آرام) کیسه های شنی برای آب بندی زیر عرشه قرار داده می شوند.

سیمان رقیق در زیر قطعات پمپ خواهد شد. در حین نصب یک اندازه گیری دقیق در سه نقطه قطعه انجام خواهد شد. قطعات بتنی پیش ساخته در بالای ستون ها با درجه بندی دقیق جایگذاری خواهد شد. در هلند قطعات پیش ساخته مشابه مورد استفاده اند اما اینجا قطعات در ابتدا روی پایه سنگ ریزه ها یا قطعات صخره ای کار گذاشته می شوند. بر ای پل جزیره پرنس ادوارد یک جکت سه پایه بر روی بستر صخره ای لایروبی شده رودخانه نصب شده بود و یک لوله ی مرکزی به طور دقیق و عمودی قرار داده شده بود. سپس قطعات بتنی کمی پایین تر از موقعیت گذاشته شدند. سطوح با جت و ایرلیفت تسطیح شده بودند. پس از اندازه گیری، یک قطعه پیش ساخته جایگذاری شد. برای پل Oresund صفحات پشتیبانی از یک و نیم متر مربع تا سه متر مربع متغییر بود.ضخامت آنها ۱۵۰ mm بود. صفحات به برج سه پایه (جکت) نصب شده بودند. جکت به دقت با DGPS مکان یابی می شد. جک های پایه های بارج ارتفاع صفحات را تنظیم می کردند و همچنین کیسه های شن برای آب بندی سطح زیر عرشه استفاده شده و ملات رقیق در آن تزریق شد. برای سد Imstead تراز بندی صفحات با چهار ستون قابل حرکت پشتیبانی شد و همچنین برای سد Monongahela 2 آنها با ستون حفاری بتنی پشتیبانی شدند.

برای اینکه هم ترازی سطوح دشوار است و برای پشتیبانی در طی جایگذاری قطعات بتنی بعدی مجهز شده اند، آنها قادرند نیروهایی بیش از نیروهای ستون ها یا شفت های باقی مانده را تحمل کنند.مانند قطعه ای که بیشترین خمیدگی را در طی جایگذاری روی نقاط مشخص شده، در نقشه بالاستینگ و بتن ریزی تحمل می کند. برای غلبه کردن بر این موضوع که نقاط سخت وقتی سازه سرانجام بر روی شن یا سنگ ریزه های بستر که کمی فشرده شده است می نشیند، سطوح ممکن است شامل یک لایه از چوب یا پلی اورتان باشد که در طی علامت گذاری روی نقشه حاصل خواهد شد و نیرو هایی را که یکنواخت سازی شده اند، انتقال می دهند.

جک های مسطح (تخت) ممکن است به یک نوک در سطح افقی یا در سطح زیرین قطعه مجهز شده باشند تا اجازه دهد که نیرو ها تعدیل شوند . وقتی آخرین جایگذاری انجام شد، آنجا را با بتن رقیق پر می کنند.

۲-۱-۲-۵ under fill

Under fill ممکن است با شن ، بتن یا دوغاب سیمان باشد. سیستم مورد استفاده در دانمارک و هنلد یک جریان دوغاب آب – ماسه رو به پایین بوده و به طور اتوماتیک بوسیله کانال کشی پر می شود. بستر زیر ملات رقیق که از دوغاب شن – سیمان مختلف برای فرم دادن دوغاب سیمان استفاده می شود، به عمق پر کردن و مقدار مورد نیاز آن وابسته می باشد.

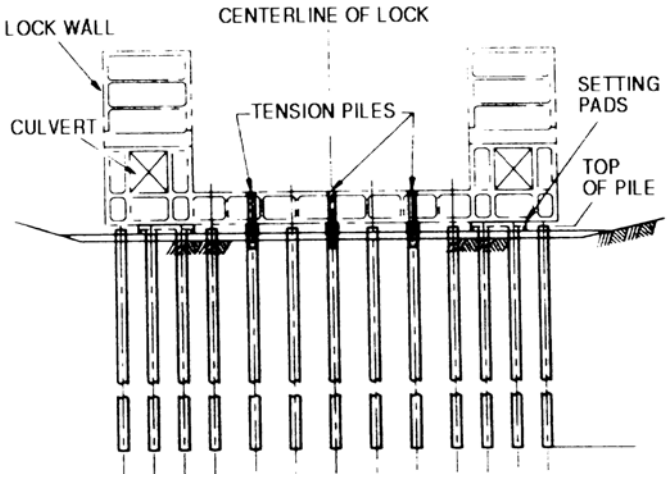
حرارت هیدراسیون (گرمای آبش) باید مطرح شود؛ دوغاب های سیمانی خالص یا دوغاب های بنتنیت می توانند گرمای خیلی زیادی را حتی بیش از نقطه جوش آب فراهم کنند.این گرما ممکن است به قطعات بتنی شالوده صدمه بزنند.

بتن پرکننده سطوح زیرین با متراکم شدن، استحکام بیشتر را ارائه داده و حرارت هیدراسیون را کم می کند. معمولا به اندازه کمی از مصالح دانه درشت در حد ۸ تا ۱۰mm استفاده میشود. پودر لیمستون و خاکستر بادی (fly ash) مصالحی برای کاهش گرما و ضرایب بوده و نیروی پتانسیل برای نقاط سخت در زیر قطعات کف را به حداقل می رسانند (در شکل ۲-۴ ببینید) .

پر کردن سطوح زیرین باید با فشار کم انجام شود تا از فشار بیش از حد هم در محل و هم در سرتاسر سطح زیر قطعه جلوگیری شود. تغذیه باید وقتی که اتلاف ارتعاشی نا معلوم است در اولویت پمپ

کردن قرار گیرد و برای ایجاد فشار بالا به طوری جریان مورد نظر با تامین کند استفاده شود. لبه ها و اتصالات باید برای جلوگیری از نفوذ آب، آببندی شوند. روش متداول به بیرون مکش کردن دوغاب یا سیمان است. کیسه های شن و کیسه های پر شده با دوغاب، همچنین صفحات فلزی پهن با فیلتر پارچه ای متصل شده به آن هم برای آببندی استفاده می شود . پر شدگی کامل سطوح زیرین یک صفحه بتنی افقی به استفاده از خود حمایت بتنی یا سیمانی نیاز دارد. همچنین این صفحات به یک افت مثبت در غلبه بر اصطکاک و جابه جایی آب و حباب سطح بتن که باعث متخلخل شدن سطح بتن می شود نیاز دارند.

انتقال کشش به بند های فولادی ، طناب های کششی یا قاب هایی که از قطعات بتنی بستر تا قطعات بالایی امتداد یافته است نیاز دارد. البته این مراحل پیش سازی که به سختی ارائه می شوند، به قطعات بتنی کف برای پشتیبانی زیر بنا نیاز دارند. همچنین این انحراف آنها در طی یدک کش کردن افزایش می یابد . در همه مراحل باید برای جلوگیری از شکستگی آنها ازتحت فشار قرار گرفتن آنها توسط قطعات بتنی کف، به علت به گل نشستن غیرمترقبه یک قطعه مراقبت اتخاذ شود ، به این دلیل طناب های نیمه انعطاف پذیر که سازه مناسبی دارند قابل توجیه است. برنامه ی ساخت سد کانال کشتیرانی بندر نیواورلئان به انتقال کششی و برشی از طریق پر کردن سطح زیر بستر نیازمند بود.



شکل ۲-۴

۲-۱-۳ ستون ها برای پل های روی آب

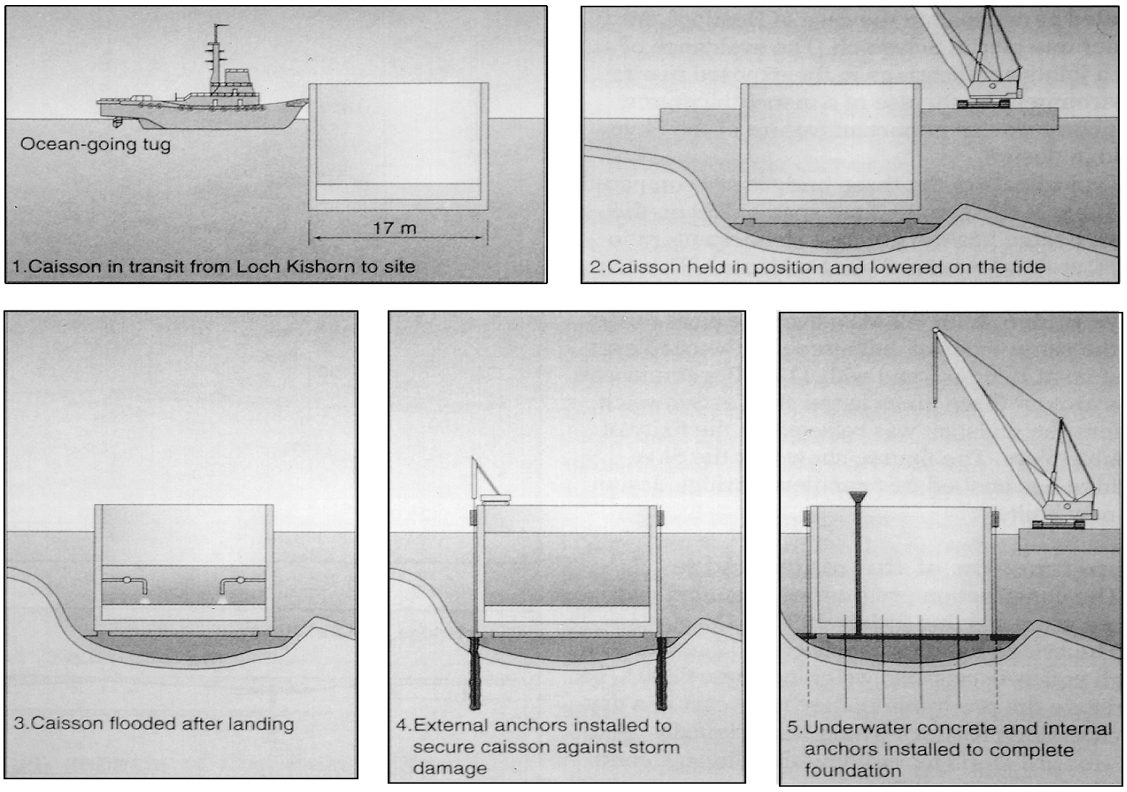
کلیات: در دهه ی انتهایی قرن بیستم رشد بزرگی در عبور از روی آب های رودخانه های بزرگ، مصب رودخانه ها و هر تنگه دیده شد. این پیشرفت ناگهانی تا حدی مبنایی برای پیشرفت تکنولوژی ساخت برای سازه هایی با دهانه بزرگ، سازه های معلق و سازه های کابلی شد. نکته مهمی که در این پیشرفت مشهود نبود ، در سازه های زیر آبی و ستون های پیشتیبانی بود که عبور و مرور را هم عملی و هم مقرون به صرفه می ساختند. این پیشرفت نوین به دو روش پی ریزی ویژه متمرکز شده بود، یکی صندوق قالب بتنی یا فولادی کاملا پیش ساخته (Caisson) و منتقل شده به طور شناور به موقعیت و نصب آن در یک فونداسیون آماده شده بود. این قالب های جعبه ای برای ستون ها عموما خیلی بزرگتر و عمیق تر بوده و تلورانس بیشتری در حین نصب دارند. روش دیگر اثبات شده که در بستر های نرم عمیق و در پل هایی در مناطق زلزله خیز که دارای ستون های لوله ای شکل فولادی و ستون های حفاری با قطر بزرگ هستند به خوبی عمل می کند. لوله هایی با قطر یک و نیم متر تا چهار متر و طول شصت تا صد متر در این روش استفاده می شود. مقدار انحراف در اندازه ها بوسیله تجهیزات پیشرفته اولیه و دستورالعمل صنایع فراساحل بدست می آید. ستون های فولادی با قطر بزرگ یک پیشرفت همزمان با ستون های حفاری قطر بالای استفاده شده در اکثر پل های ساحلی و ساختمان فنداسیون ها داشتند. در حقیقت این دو تکنولوژی با هم منطبق شدند و توانایی استفاده هر دو در فنداسیون ستون های روی آب منحصر به فرد را ایجاد کردند. یک موضوع خیلی مهم در سازه ، روش نصب ستون های لوله ای شکل قطر بزرگ و ستون های مارپیچی قطر بزرگ است که می تواند اثرات قابل توجهی در رفتار نهایی آنها در تحت فشار قرار گرفتن ، کشش (تنش کششی) و نیرو های عرضی داشته باشد. بنابراین این روش ها برای بدست آوردن نفوذ مورد نیاز ممکن است به استفاده از عملکرد تجهیزات دیگری مجبور شوند.

مدل قدیمی ستون های پل ، مانند جعبه های روباز و جعبه های پنوماتیکی که لایروبی شده و با نفوذ رسوبات سبک به داخل آن سنگین می شدند، در شرایط ویژه استفاده نمی شوند اما بطورکلی خیلی در حد مطلوب نیستند.

آخرین پیشرفت در سازه های قالب بتنی (caisson) در نصب دیواره های قالب صندوقی می باشد. سپس جک های خطی نصب شده به قالب به درون آن نفوذ کرده و قادر است سریعتر آن را کنترل کند. اگر یک طرف از بقیه سریعتر پایین بیاید، نیروهای به کار برده شده، تعدیل می یابد.

نفوذ با این روش ها باید در مراحل نهایی از ۵۰۰ تا ۱۰۰۰mm عمل کند، مخصوصا وقتی که لایه های نفوذ مقاومت برشی مختلفی داشته باشند. دیگر پیشرفت اخیر این بوده که این بستر از قبل بهسازی شده ، در سازه ی صندوق دسترسی به کف رودخانه راه اندازی شده بود. این به نرخ کنترل پذیری بیشتری در نفوذ پذیری اولیه در میان لایه های ضعیف بالایی اجازه می داد و به خوبی پشتیبانی جانبی در مناطق بحرانی را تامین می کرد. دیوارهای حائل نیاز زیادی به سازه بلوکی و در زیر آب به قسمت های ستونی دارند. این سازه ها در بخش ۲-۱-۵-۱ شرح داده شده است.

کاربرد پوشش های بتنی پیش ساخته ، قرار داده شده در بالای شمع های قطر بزرگ و پر کردن آنها با بتن ریزی زیر آبی کیفیت بالا، امروزه جایگزین دیوارهای حائل متداول برای سازه های بلوکی شالوده در اکثر موارد شده است، زیرا در سازه های آب آرام ، کیفیت و صرفه جویی و امکان ساخت سریع دارند. شکل ۲-۵ روش کار در نظر گرفته شده برای سازه ستون های پشتیبان قالب صندوقی دسترسی به بستر آب (caisson) را نشان می دهد.



شکل ۲-۵ : شمع های پشتیبان کیسون برای ستون های اصلی پل

۲-۱-۳-۱ caisson جعبه ای برای ستون های پل های روی آب

۲-۱-۳-۱-۱Caisson های پایه ثقلی

صندوق قالب پی (Box caisson) با فولاد یا بتن مسلح شده پیش ساخته می شود . قالب ها ی پی بزرگ، برای پوشش هایی که از ظرفیت بالابری قابل قبول تجاوز نمی کردند به عنوان مثال بیش از ۳۰۰۰ تا ۸۰۰۰ تن ممکن بود که در یک آبگیر یا داک خشک ساخته می شوند. وقتی کامل شدند، داک پر از آب شده و caisson شناور می شود . دیوار مانع یا دروازه باز شده و سازه در مکان خودش که در آن قرار دارد شناور می شود و بوسیله تعادل سازی به سوی نشیمنگاه تهیه شده خودش رفته و در آنجا نصب می شود و بوسیله بتن ریزی زیر آبی و سنگ و شن های انباشته بارگذاری دائمی می شوند.

پایداری هیدرودینامیکی بوسیله مثبت نگه داشتن دائم ارتفاع متاسنترGM نگه داشته می شود، برای تکمیل اگر لازم باشد، مخازن شناوری به آن متصل شده یا توسط شناورهای خارجی پشتیبانی می شود. مناطقی که سطح مقطع تغییر ناگهانی می کند به عنوان مثال منطقه انتقال از یک پایه ستون بلوکی بزرگ به یک ستون ، باید محافظت مخصوصی اتخاذ شود . فنداسیون قالب پی (caisson) باید با تلرانس خیلی کم مسطح شود و همچنین تراکم کافی برای عدم نشست و عدم روان شدن در طی تکان خوردن قالب پی در زمان کار کردن در زیر آب و عدم حرکت تحت زلزله را داشته باشد .

در آغاز ، بستر نامناسب بوسیله لایروبی از بین می رود . معمولا از یک کج بیل هیدرولیکی یا لایروب زنجیری با پوشش سخت استفاده می شود. رسوب نرم باقی مانده باید بوسیله تلمبه زدوده می شود (مثل استفاده از ایرلیفت) . سطح باید به قدر کافی تمیز شود که خاک ضعیف در مسیر پی وجود نداشته باشد، اما میزان محدود لجن نرم ممکن است در قسمت های مجزا باقی بماند. اگر کف شنی باشد متراکم کردن می تواند با استفاده از ستون های سنگین مرتعش انجام شود. شن یا سنگریزه ممکن است در طی عملیات کارایی را پایین بیاورد. فشار هوا و ارتعاش سبب می شود که شن و سنگ بیش از حد روان شده و فنداسیون متراکمی ایجاد کند که نیازی به لایروبی ندارد. سپس یک بستر سنگی قرار می دهند. این بستر در ساخت لایه ها حدود یک متر عمق دارد که می تواند با یک نواره قدرتمند و بزرگ به هم فشرده شود. سرانجام سطح حدود ۲۰mm ± به طور تحمیلی بالا آمده، از یک لایه ی ۳۰۰mm در روی یک لایه سنگی ۱۲ تا ۲۰mm استفاده می شود. این باریکه شمشه معمولا با تیر های نرده ای جاگذاری شده ، پشتیبانی می شوند. سپس سنگ ها از کنار پخش شده و با یک تیغه هموار می شوند.

اگر هر تاخیر محسوس پس از بستر سازی نهایی بوجود آیدف سنگ ریزه ایجاد می شود که باید کف ساخته شده بوسیله عمق یاب صوتی از سطح یا بوسیله سونار بازدید شده و بررسی شودکه هیچ مانعی در آن بوجود نیامده باشد.

قالب پی (caisson) اکنون در موقعیت شناور قرار دارد (شکل ۲-۶) . اگرچه GPS برای کنترل کلی استفاده شده است استفاده ازیک طیف لیزر برای قرار گیری اولیه پر اهمیت بوده و نرخ کنترل کردن موقعیت آن به آسانی مشهود است. تئودولیت (زاویه سنج مهندسی) برای کنترل دقیق موقعیت اولیه مورد استفاده می باشد .

شکل ۲-۶ : کیسون فولادی برای شمع های اصلی

ابزار های مهار برای تاثیر نهایی تثبیت موقعیت استفاده می شوند و دارای تلورانس می باشند. برای اینکه تصحیح مکان آسانتر شود، خطوط مهار باید به صورت متعامد به بیرون هدایت شده ، هرکدام از خطوط باید با یک وینچ کنترل شود. این روش به شش تا هشت خط مهار نیاز دارد . تلاش برای کاهش تعداد خطوط با زاویه دادن به آنها در حدود ۴۵ درجه معمولا نامساعد می باشد . بویه های مهار از پیش تنظیم شده ، هر کدام با سه لنگر مستقر شده اند، هنگامی قالب پی وارد منطقه می شود، خطوط از وینچ ها حرکت کرده و روی قالب پی نصب می شوند . آنگاه قالب پی به سوی بستر آماده شده به پایین می رود . نرخ پایین روی متعادل با عمق بیش از ۲ متر برای اینکه به آب حبس شده اجازه رهایی بدهد ، باید آهسته تر انجام شود. در مدت این نشاندن نهایی ، جریان در زیر بستر تندتر خواهد شد و به کشیدن قالب پی به پایین تمایل نشان می دهد تا اینکه پس از مدتی سطح بستر آرام شود. در حقیقت در شن های خیلی سست کف، ممکن است به طور تدریجی سقوط کرده و در نتیجه قالب پایین رود.

بی درنگ پس از تهیه مکان ، مستقر کردن ، روانه کردن ، برپا کردن و تسطیح محل برای بدست آوردن اندازه تلورانس آنها را بررسی می کنند. اگر یک پارامتر کمی از تلورانس تجاوز کند یک پرسش از مهندس طراح باید انجام گیرد تا ببینند آیا قالب پی می تواند با تعویض کم سازه‌ی عرشه مورد پذیرش قرار گیرد، زیرا بعد از تعادل سازی مجدد و تغییر مکان دادن آن اغلب قالب های پی به بستر آماده شده صدمه می زنند.

قاب های بتنی بزرگ برای ستون های پل درموقعیتشان شناورند و در این هنگام معمولا غوطه ور شده و بنابراین یک خط آبخور طراحی مهم در طی پروسه ی جایگذاری وجود دارد که در تمام مراحل، پایداری را تضمین می کند. برعکس آنهایی که یک تغییر اساسی در خط آبخور طراحی داشته باشند، مثل وجود نوک یا پایه ستون که غوطه ور است و فقط یک ستون کوچک در میان سطح آب به بیرون امتداد یافته است، معمولا نیازمند برخی تجهیزات خارجی برای بدست آوردن پایداری هستند.

یکی از موثرترین این وسایل، پایه ها یا مخازن شناوری عمودی متصل به آنها است که دقیقا به قالب پی اتصال داده شده اند. یکی از وسایلی که اغلب استفاده می شود، ایجاد پایداری بوسیله یک بارج جرثقیل دار بزرگ است که یک بالابر با تسمه اتصال بلند بوده و می تواند از یک ممان راست کننده $PL \sin \theta$ ایجاد کند که P نیروی بالابرنده ، L طول تسمه ی اتصال و θ زاویه هیل (کجی شناور) است. همچنین یک بالابر اثر GM را به اندازه ی $P \times L/delta$ افزایش می دهند که delta همان جابجایی است. در یک قالب پی که در موقعیت بوده و کاملا متعادل است، عملیات تزریق دوغاب سیمان باید سریعا انجام شود. این مهم است که از فضای اضافی دوغاب رقیق زیر لبه های قالب پی جلوگیری شود، بنابراین بستر قالب پی معمولا با دامنه های کوتاه درست می شود تا دوغاب (ملات رقیق) را حفظ کند. یک ملات رقیق با خصوصیات حرارت پایین، تراکم ناپذیری و ضد آب بردگی(که با آب خراب نمی شود) مطلوب است. بنابراین استحکامش کم بوده و تغییر شکل موضعی آن می تواند اصلاح شود. یک دریچه مخزن برای خفیف کردن فشار در کف قالب پی باید تهیه شود و فشار پاشش دوغاب سیمان باید به دقت کنترل شود تا از بلند کردن قالب پی اجتناب نماید، در طی این عملیات بالا رفتن گوشه ها باید به طور پیوسته نظارت شوند.

دو ستون فنداسیون برای Mawan tower در پل Tsig Ma در هنگ کنگ از نوع صندوق قالب پی پیش ساخته بود که روی یک بارج شناور بزرگ انداخته شده ، بارج با دوقالب پی پیش ساخته رو عرشه درحال کشیدن آن به مکانی بود که عمق آب برای عملیات به آب اندازی (Launching) مناسب بود . کف از شن بوده و تقریبا مسطح بود. موقعیت به طور دقیق مورد بررسی قرار گرفته شده بود و وسایل صوتی و ویدئویی زیر آب قرار داشت که مراقب این باشد تا تخته سنگ یا مانعی وجود نداشته باشد. دوقالب پی به طور محکم به بارج (هم به طور طولی و هم عرضی) زنجیر شده بودند تا از به آب اندازی نابهنگام جلوگیری به عمل آید. سپس بارج تعادل خود را در نقطه ای که قالب پی نزدیک شناور بود کم کرد. بارج حدود ۳ درجه تریم در جهت پاشنه گرفته بود.

بارج اکنون بار خود را آزاد کرده و شروع به غوطه ور شدن می کند . این نقطه خیلی بحرانی برای پایداری بود در این زمان باید بارج غوطه ورشدن را با توجه به محاسبات به اجرا در آورده و پایدار باقی بماند. سپس پروسه تکرار شده و دومین قالب پی به آب انداخته شد. اکنون هر دو در محل قرار گیرشان شناور بودند. این ضروری است که به سمت موقعیت شان با نیروی کششی زیاد حرکت داده شوند تا فاصله‌ی مناسبی با سطح زیرین داشته باشند. هر قالب پی مهار شده بود و به ناحیه محل قرار گیری که به طور دقیق تسطیح شده بود به سمت پایین حرکت می کرد. در این مورد، فنداسیون ساخته شده شامل بستر سنگی بود که مته کاری و منفجر شده و سپس خاکبرداری شده بود. بستر سنگی به طور کامل با فشار هوا تمیز شده بود. سپس سیمان آماده برای پر کردن صندوق به کار می رفت. برای جلوگیری از ایجاد فضای اضافی در زیر ، از مخلوط سفت استفاده می کردند. کیسه های شن در گوشه ها روزنه ها را پر می کردند. صندوق پی بدلیل اینکه سیمان سفت به خوبی فشرده شده و حباب ها در سطح بتن ایجاد می شوند فضای خالی زیادی در زیر پوشش ایجاد می شود بنابر این یک سقف نیمه شیب دار در آن تعبیه می شود.

این ها با دوغاب پر شده بود. با استفاده از مخلوط سیمان شامل ترکیب سیمان ضد آب (آبگریز) و با قدرت نفوذ بالا می خواستند که فضای خالی ایجاد شده را رفع کنند. جاری شدن به بیرون از زیر لبه ها ممکن بود به راحتی به وسیله ی لبه های انعطاف پذیر به عنوان مثال رشته های سخت کتان که به کف آن دوخته می شود جلوگیری نمود. (شکل ۲-۷ و ۲-۸ نگاه کنید).

شکل ۲-۷: کیسون بتنی　　شکل ۲-۸: ستون های پیش ساخته

در پل دوم Severn قالب پی پیش ساخته با کف باز بوسیله انتقال به بارج بارگیری شده سپس به محل قرار گیری در آب خیلی آرام کشیده شد و نوک آن با یک جفت جرثقیل ظرفیت بالای مخصوص کار سنگین که در یک بارج جک آب دار بزرگ بود پشتیبانی می شد. درشکل ۲-۹ دیده می شود.

شکل ۲-۹ کیسون بتنی روی بارج

پس از قرار گیری، کیسون ها با بتن پر شدند. در ابتدا آزمودن آببندی لبه های قالب پی در برابر جریان خیلی قوی جذر و مد سخت بود ، که به ضرر خیلی زیادی منجر می شد. راه حل احتمالی بوسیله در هم جا انداختن دقیق تور سیمی به دور محیط آنها و استفاده از یک ترکیب ضد شسته شدن با آب Thixotropic در سیمان آماده شده ایجاد شد. فنداسیون ستون ها برای پل Rion-Antirion در یونان باید از عهده ی عمق آب، بستر نرم و یک گسل اصلی زلزله خیز فعال در وسط کانال برمی آمد. ستون ها از قالب پی بر مبنای گرانشی ساخته شده و در خاک رسی نرم که با تزریق ترکیبات سیمان بهبود یافته شده بود، برپا شد تا تکیه گاهی مناسب و مقاومت برشی مناسب ایجاد کند.

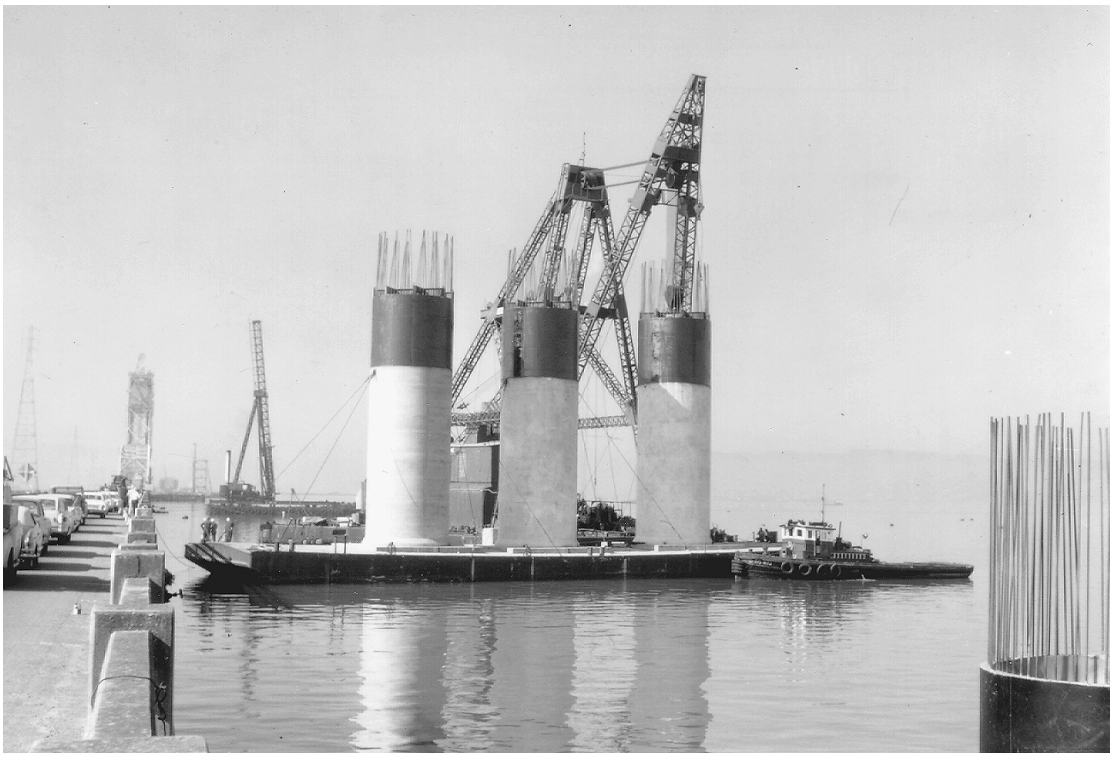
یک مشکل مشابه در سال‌های خیلی دور در پل رودخانه کلمبیا اتفاق افتاده بود. آنجا پس از اینکه پوشش قالب پی جایگذاری شد، جریان رودخانه به وسیله زدودن شن در زیر بستر تقویت شد. وقتی سیمان جایگذاری محافظ در اطراف ستون قرار گرفته ، که روی بستر روکش را پر کرده و با تزریق بتن گسترده در زیر بستر به پر کردن حفره هایی که در طی جایگذاری بتن داخلی ایجاد شده منتج شد.

شکل ۲-۱۰ : کارگاه ساخت شمع بتنی

جاهایی که تجهیزات بالابر سنگین می توانند سودمند باشند ، تمام ستون ها در یک صفحه با کارایی ویژه (در شکل ۲-۱۰ دیده می شود) یا یک اسکله (بار انداز عمودی) با ظرفیت مناسب پیش ساخته می شوند. سپس آنها بوسیله بارج های جرثقیل دار یا کاتاماران بلند شده و به محل قرار گیری حمل می شوند تا در موقعیت تدارک دیده شده در بستر سنگی قرار گیرد.

۲-۱-۳-۱-۲ بدنه ستون پیش ساخته

اکثر قالب های پی در یک بلوک پی غرق شده ایجاد شده اند، که بخش کوچکی از آن با یک ستون میله ای که در سطح آب گسترده شده است پشتیبانی می شود. اگر ستون میله ای تا قبل از اینکه بلوک پی در بستر ثابت نشده است، نصب نشود، آنگاه دو راه حل وجود دارد.



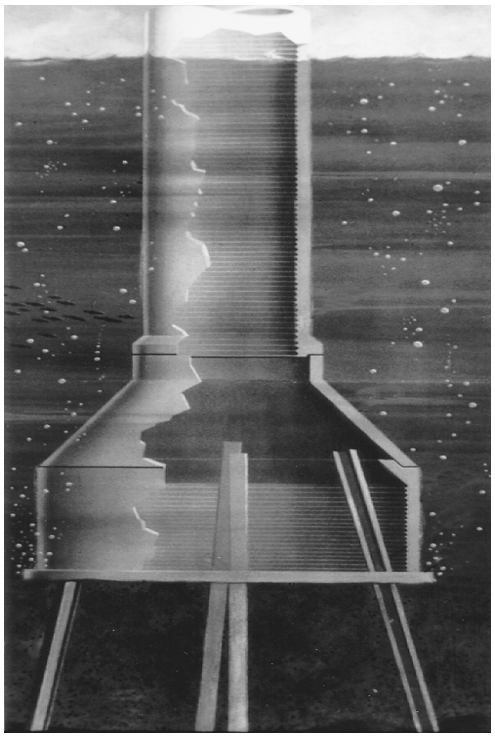
شکل ۲-۱۱ : شمع حفاری پیش ساخته برای پایه پل

اول اینکه ، یک دیوار حائل جعبه ای کوتاه با ستون های ورقه ای فولادی به طور موقتی به بالای قالب پی بلوک پایه ستون نصب شود تا اجازه آبگیری را نداده و ستون میله ای در حالت خشک ساخته شود. راه حل دوم ، ستون میله ای پیش ساخته ای مانند پوشش های توخالی است. سپس این ها روی ستون های تقویتی (آرماتور) قرار داده شده، بالای بلوک های ته ستون با واشر آببندی می شود و با بتن پر می شوند. (در شکل ۲-۱۱ مشاهده شود)

اولین موفقیت در اتصال ته ستون به ستون های میله ای پیش ساخته زیر آب ، با روش معمولی ساخت ستون در بالای آب با تجهیزات بخش های پیش ساخت بدست آمد. هر کدام به وسیله نشستن هر بخش ستون تو خالی بالایی روی آمارتورهای تقویتی بیرون آمده از بخشهای قبلی متصل می شوند. فضای خالی درون بخش های ستون سطح مقطع ثابتی برای پر شدن نداشت، اما اساساً می توانست به یک بسته با اندازه کافی برای آرماتور های تقویتی ، با یک سوراخ کوچک عمودی برای جایگیری بتن آماده ایجاد کند. در این بتن باید از مصالح دانه درشت ۱۰ میلی متری ، که یک فاکتور مهم سیمان می باشد و فوم سیلسیوم استفاده شود، که جاری شدن را کم کرده ،تقویت استحکام را سرعت بخشیده و به چسبندگی آن کمک می کند.

۲-۱-۳-۱-۳ ستون پشتیبانی کننده قالب های پی

در این روش پوشش سیمانی پیش ساخته روی ستون های نصب شده می نشیند. سپس قالب با سیمان آماده پر شده ، ستون ها به قالب متصل می شوند (به شکل ۲-۱۲ نگاه کنید)



شکل ۲- ۱۲

در اکثر کاربردها قالب بتن کف ندارد، بنابراین باید به روی بارج منتقل شوند تا به وسیله یک بارج جرثقیل دار جایگذاری شود یا باید به صورت معلق از یک بارج جرثقیل دار یا کاتاماران حمل شده و سپس در محل قرار گیری به پایین رانده شود. (شکل ۲-۱۳)

شکل ۲-۱۳: پوسته پیش ساخته بستر

در پل ریچارد- سن رافائل ضخامت ۳۰۰ mm شکاف های H شکل ته ستون های بتنی پیش ساخته ، به دقت جایگذاری شده و متمایل به عمود قرار داده شدند و پی در پی شمع کوبی می شوند. فاصله زیاد ستون ها بعداً با تزریق سیمان و به وسیله جایگذاری لوله انتقال سیمان توسط غواص پر می شد. فاصله ها به وسیله طناب های لاستیکی تحت بار درون سوراخ ها توسط غواص ها آببندی می شوند ، اگرچه ممکن است امروزه از لایه های شیاری نئوپرن هم استفاده شود.

این ها به قطعات ستون ها متصل شده و بدین گونه پشتیبانی از نیروی بالابری اولیه بتن را انجام می دهند. در پل های دیگر مثل Narragasstt Bay در جزیره Rhode قطعات کف شامل یک پوشش محکم از تیرهای چوبی و میله های فولادی ، شبیه پشتیبانی کننده و قالب بود.

۲-۱-٤ شمع های لوله ای قطر بزرگ و شمع های حفاری شده

کلیات : این طرح به کار رفته در شمع ها نه فقط در بارگذاری محوری بلکه همچنین در خمش عرضی (جانبی) هم استفاده می شود. قطر بزرگ استحکام ضروری را در جلوگیری از جابجایی یا انحراف در زیر بارهای جانبی ارائه می دهد. ظرفیت بار محوری زیر فشار با ضخامت پوسته و تکیه گاه انتهایی افزایش یافته و ظرفیت کشش محوری با ضخامت پوسته و وزن شمع و کف زیاد می شود.

ستون های لوله ای فولادی کوبیده شده ،که مورد استفاده تکنولوژیک و تکنیکی در پایگاههای ساحلی هستند، در یک عمق مناسب معیارهایی برای نیروهای عرضی و کششی معرفی می کنند.اغلب اوقات، شمع ها برای شمع کوبی عمیق تر به نیروهای فشاری بیشتری نیاز دارند، این ممکن است به تجهیزات و یا روش کار ویژه برای فراهم کردن مقاومت نفوذ کششی و بارهای عرضی نیازمند باشد.

در این مورد که ستون های حفاری شده نصب شده اند، یک پوشش لوله ای فولادی در ابتدا در عمق کافی برای آببندی کردن نسبت به آب ، شن نرم یا خاک رس نرم به کار می رود. در مقایسه با سطح روی ستون های حفاری شده این تجربه را می آموزیم که برقرار کردن آببندی کامل برای جلوگیری از رانش در طی عملیات حفاری مهم است. اگرچه نصب اکثر ستون های لوله ای با قطر بزرگ و ستون های حفاری شده عمودی هستند. برای تعدیل خمیدگی یا شیب (انحراف) ممکن است از استانداردهای سکوهای فرا ساحل با بیش از ۱ درجه خمیدگی افقی تا ۶ درجه عمودی به کار گرفته شود. ترکیب شمع های لوله ای و شمع های حفاری شده اغلب به کار می رود. از لوله فولادی با ظرفیت خمشی بالاتر به اضافه توانایی شمع های حفاری شده در نفوذ به زمین خیلی متراکم و سنگی استفاده می کنند. اغلب در ستون های لوله ای عمودی از بتن پیش فشرده استفاده می کنند. استفاده از یک روش موقتی در یک ستون (پایه) با قطر بزرگ که سوراخ شده و یک ستون بتنی پیش فشرده در آن جاسازی شده و درون زمین تزریق سیمان انجام میشود، به دنبال آن غلاف برداشته شود. این روش کار در پل عربستان سعودی – بحرین استفاده شد. در سایر محدوده های قطر ستون های بتنی تقویت شده ممکن است به طور مستقیم با یک ترکیب از حفاری ، شمع کوبی با فشار و حفاری داخلی نصب شوند. این روش کار در "پل اوستر شلد" در هلند استفاده شده بود.

۲-۱-٤-۱شمع های لوله ای فولادی با قطر خیلی بزرگ

در نصب شمع های فراساحل ، محل قرارگیریشان به وسیله غلاف (روکش) در جکت فراهم می شود، در حالیکه برای ستون های پل، معمولاً جکت‌ها در محدوده عمق عمومی آب در پایه های پل هایی که معمولاً برپا می شوند به کار نمی روند. با این حال موقعیت شمع و عمودی بودن یا شیب آن هم برای پایه‌های پل همچنین برای سکوهای فرا ساحل ، مخصوصاً برای شمع های لوله ای با قطر بزرگ خیلی مهم اند.

برای اهداف نصب اولیه معمولاً از قالب های موقتی استفاده می شود که کف آن شیب داشته یا ستون های خمیده شیب دارهستند که نصب شده و پروسه ویژه استفاده می شود، تا اگر یک شمع که ۲ یا ۳ برابر قطرش نفوذ کرده باشد، شروع به منحرف شدن کرد، اصلاح شود.

در ادامه وقتی که شمع از انحراف خارج شده باشد ، قالب می تواند از پهلو جابجا شود. بنابراین در این موقعیت ها بهتر است حرکت کمی در یک یا بیشتر ستونهای عمودی در نخستین قالب ایجاد شود، تا موقعیت قالب محکم شود. سپس شمع های باقی مانده کوبیده شوند. سرانجام ۴ ستون داخلی می توانند متصل شده و کوبیده شوند . مراحل باید پس از اینکه یک ستون روکش شده و کوبیده شد، انجام شود. شمع روکش شده متقابل بعداً کوبیده می شوند. قالب باید فراتر از سطح پشتیبانی را تامین کند.کوبنده شمع انتخاب شده و به دقت در سکوهای فراساحل عمل می کند. برای بدست آوردن نفوذ در بسترهای متراکم، اگر چکش قابل استفاده باشد، آن را بوسیله کوبش به تنهایی انجام می دهد. این ممکن است به طور جزیی در کوبنده‌های شمع خیلی بزرگ در امتداد با تجهیزات جرثقیل به وسیله نگهدارنده فراهم شود. اما بدست آوردن نفوذ طراحی به وسیله کوبش تنها، ممکن است همیشه عملی نباشد و جتینگ، تخلیه و حفاری اغلب مورد نیاز است.بر عکس در نصب سکوهای فراساحل ، نیاز به ایجاد کشش و ظرفیت عرضی و کمترین سطح اسکان داشته، که اینها ممکن است منجر به ایجاد موانع مختلف در روشهای نصب شود. بنابراین کوبش شمع با فشار آب خارجی ممکن است برای حفظ سطح جانبی موثر ممنوع شود. در بدست آمدن نفوذ مناسب با کاهش دادن سطح مقطع داخلی با خالی کردن امکان پذیر است اما این کاهش در اطراف مفیدتر بوده و نوک ستون را تیز می کند. سپس این کار به نفوذ بهتر ستون در اثر سایش در بستر و دیواره های حفره اجازه داده و نفوذ را تا انتها نوک ستون ادامه می دهد. جتینگ داخلی که پوشش را از بین می برد روش مشابهی است ولی اثر آن کمتر می باشد.

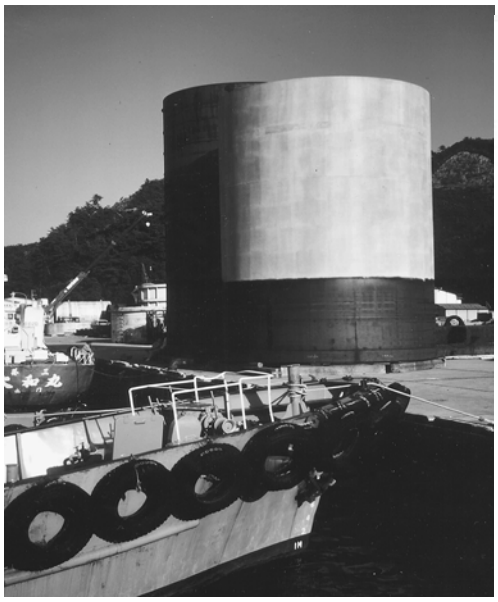
در موارد زیادی روش Clean-out و جتینگ ممکن است اجازه دهد که فضای خالی موقتی در زیر شمع ایجاد شود، که باعث واپاشی دائمی مهمی در منطقه جانبی فضای محبوس شده بستر نزدیک و زیر نوک ستون که سست شده اند گردد،که با ایجاد فشار کوبش و افزایش میزان نفوذ ، رفع می شوند.

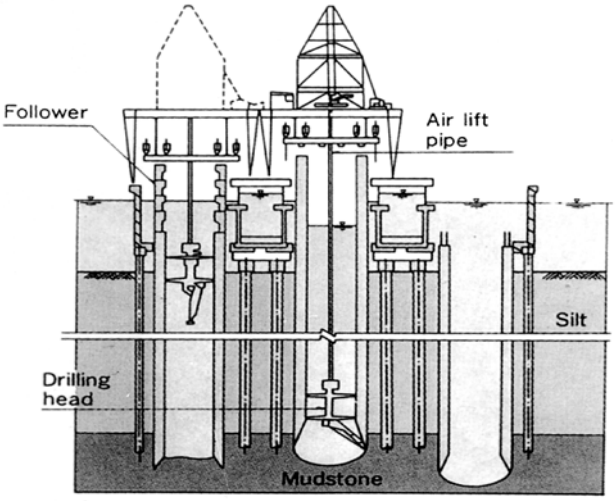
در جایی که شمع ها با فشار کوبیده می شوند تا به نفوذ در شن متراکم کمک کند، اکثر خواص اصلی شن ها می تواند با ادامه دادن شمع کوبی پس از اینکه عملیات جتینگ متوقف شد، به وضع اول برگردد. هر ۵۰ تا ۲۰۰ ضربه چکش قادر به ارائه پیشرفت در نفوذ می باشد، اما شن ها به طور درونی و بیرونی تحت فشار قرار گرفته و متراکم می شود.

یک روش که در محدوده ی تکیه گاه زیر بار زیاد با موفقیت به کار برده شده است ، جابجا کردن ستون ها در محدوده ی نوک ستون است که با نصب دوشاخه ی رابط در مهاربند ایجاد می شود. یک گونه در این روش تزریق سیمان در فضای کف بدون پایه های تخت است ، فشار سیمان بدلیل خرابی اطراف نوک یا شکستگی ساختمان قابل کنترل نیست. پس بدنه ی شمع ها باشن یا بتن پر می شود.

درهنگام کوبیدن شمع های لوله ای یک بست دوشاخه در نوک آن مورد نیاز است ، سپس بدیهی است که ستون ها نوک های خالی خواهند داشت. خالی کردن نوک ها (Cleaning Out) بوسیله ی تجهیزات مکانیکی مثل قلاب (چنگک) سبب خواهد شد آشفتگی در لایه های خارجی کف کمتر از جت و ایرلیفت باشد. در تمام موارد Clean Out ستون باید پر از آب و نزدیک به سطح خارجی آب نگه داشته شود. اگر آب درون کمتر باشد به عنوان مثال با ایرلیفت یک جریان ورودی ناگهانی زیر نوک ستون ممکن است بوجود بیاید؛ اگر بیش از چند متر زیاد شود، به عنوان مثال واترجت یک جریان ناگهانی ممکن است رخ دهد، به این دلیل در طول کناره ی ستون ها لوله گذاری می شود.

این تنظیم فشار ممکن است توسط یک پمپی که به ایرلیفت نصب شده است یا پمپی که بیرون از جت نصب شده است تأمین شود. تا آنجایی که دقت طراحی اجازه می دهد ، سوراخ های موجود در دیواره ی زیر آب ستون ممکن است بطور برابر ایجاد شود. تجربه در فوندانسیون پل ها نشان داده و ثابت شده که در اکثر موارد سرستون های ایرلیفتی، به سختی نگهداری می شوند. در نتیجه استفاده از بیل مکانیکی اکنون به طور فزاینده ای بکار گرفته شده و معین شده است. این روش ویژه ی مناسبی است که با آلودگی کف درگیر بوده و در آن محدودیتی در تخلیه ی رسوبات وجود دارد. هر بیل مکانیکی باید بگونه ای طراحی شود تا آب بتواند، هنگامی که بیل در زیر قرار دارد، در بالا و پائین آن قرار گیرد. برای این هدف باید بیل مکانیکی سوراخ هایی داشته یا فضاهایی در اطراف محیط آن ایجاد شده باشد . در ادامه یک بیل سوراخ دار به کار گرفته می شود. (شکل ۲-۱۴ و ۲-۱۵)





Cylindrical caissons were sunk using a remote-controlled underwater excavator equipped with a rotary cutter.

شکل ۲-۱۴

شکل۲-۱۵: طرح نسب ستون لوله ای فولادی

بدلیل محدودیت ناحیه‌ی دسترسی بازوی جرثقیل و محدودیت ظرفیت لیفتینگ (بالابری) ستون های لوله ای ممکن است در طی کوبیده شدن به هم متصل شوند. این طرز کار نه تنها در یکپارچگی خیلی حیاتی است ، بلکه در زمان و هزینه‌ی مالی هم خیلی پرخرج است. قرار دادن قسمتی از شمع ها در مواد متراکم ممکن است به ایستادن شمع منجر شود، ولی نفوذ مجدد ستون را به سختی فراهم کند. بنابراین موقعیت پیوند ستون ها به ملاحظات دقیق نیازمند است.

نکته اینکه شمع های لوله ای فولادی برای پل ها ممکن است به روش عمل کامپوزیت با پرشدن همه یا یک بخش آن با سیمان ساخته شود. پرکردن ، هم باعث افزایش استحکام و هم جلوگیری از کمانش محلی ستون ها در زیر ارتعاش یا فشار می شود.

جوشکاری القایی این ستون ها اغلب مشخص می باشد، اما یک مشکل تداخل با عملیات حفاری و Clean Out دارد. تکه فلزاتی که در امتداد جوش هستند ، گاهی اوقات کارایی دارند اما اطمینان بیشتر در استفاده از مفتول های فلزی یا حلقوی مثل تسمه ی ۱۰ میلی متری است، که اطراف محیط درونی با جوش گوشه ای (Fillet Weld) جوش داده می شوند.

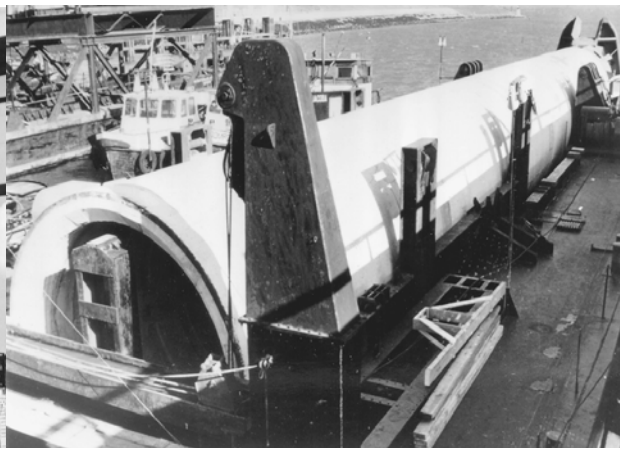
اتصالات باید در امتداد مناسب جهت انتقال ممان های برشی بزرگ در زیر ستون با یک یا یک و نیم متر ادامه یابد. یک روش قابل توجه بوسیله ی دو ستون حمایت کننده ی اضافی برای تحمل ارتعاشات پل عبوری سانفرانسیسکو- اوکلند ایجاد شد. ستون ها در عمق ۲۰ متری آب ،۳۵ متر گل نرم و ۴۰ متر خاک رس تا اینکه به بستر سنگی برسند نصب شده بودند. سنگ ها در یک عمق ۱۰ تا ۱۵ متری ترک خورده و شکسته شده بودند. ترکیب ضروری سختی و استحکام بوسیله ی یک روکش دولایه ی فولادی فراهم شده بود.

روکش بیرونی به قطر ۴ متر و روکش درونی به قطر ۳ متر بود. روکش بیرونی ابتدا کوبیده شده بود و در سنگ ها نصب شده بود ، سپس یک بست با قطر کمتر ، درون شکاف صخره قرار داده شد و درون سنگ یک فاصله ی مناسب جهت تثبیت ایجاد شد. سپس لوله ی فولادی درونی جایگذاری شده و روی سنگ بتن ریزی انجام شد. بتن آماده در لوله ی درونی بالای سنگ قرار گرفت. اکنون فضای بین دو لوله با بتن آماده پر شده و ستون درونی از بالا برداشته می شود.

برای شمع کوبی با پایه های پل با عمر طراحی زیاد، محافظت خوردگی خیلی پر اهمیت است . استفاده از یک دیواره ی ضخیم قربانی شونده‌ی اضافی(بیش از ۶ تا ۱۲ میلی متر ضخامت) یا تدارک یک آند قربانی شونده‌ی حفاظت کاتدی زیر آب ، اپوکسی یا دیگر پوششهای حفاظتی در ناحیه نزدیک خط آبخور مخصوصاً در مناطق حاوی لجن (رسوب) خیلی چاره ساز است.

۲-۱-٤-۲ ستون های لوله ای بتنی پیش ساخته :

اینها در قطر بالای ۳/۵ و طول ۶۰m در پروژه های مثل "پل اوستر شلده" در هلند و "پل شاه فهد" بین عربستان سعودی و بحرین بکارگرفته شده اند. در شکل۲-۱۶ تا ۲-۱۸دیده می شود.



شکل۲-۱۶: ستون های لوله ای بتنی پیش ساخته

شکل ۲-۱۷: انتقال ستون لوله ای بتنی

ستون های با قطر بزرگ عموماً به طور قطعات ریختگی عمودی ساخته می شوند، سپس نوک آنها افقی شده و به وسیله پیش تنیدگی ناشی از کشش آرماتورها محکم شده و با بتن در مکان ساخته شده نصب می شوند.

ستون های بزرگ هر کدام با یک بارج یا معلق بین دو پانتون منتقل می شوند. این روش آخر سختی حمل را در ستون های نوک تیز از بین می برد. کمی از وزن آن می تواند تا حدی به وسیله نیروی شناوری خودشان در طی نصب بر روی پایه پشتیبانی شود. این ستون ها در جایگاهشان با نیروی وزن به اضافه نیروی پایین برنده بارج جرثقیل‌دار بعلاوه جتینگ و گودبرداری داخلی بوسیله یک دماغه لایروب فرو می روند.در مورد پل گذرگاه « شاه فهد» سوراخهای پیش حفره شده بودند و از پوشش موقتی استفاده شد، سپس ستون ها قرار داده شده بودند، بتن ریزی در محل انجام شده و با بتن آماده سوراخ گیری انجام شد.

ستون های با قطر ۱۰ متر برای پل یوکوها و هیروشیما در ژاپن بکار رفتند. آنها برای پل یوکوها ما به وسیله حفر تدریجی و نشاندهنده ستون‌ها عمل کرده و برای پل هیروشیما نشست ستون ها با گودبرداری و لایروبی کامل و سپس بتن ریزی انجام شد.

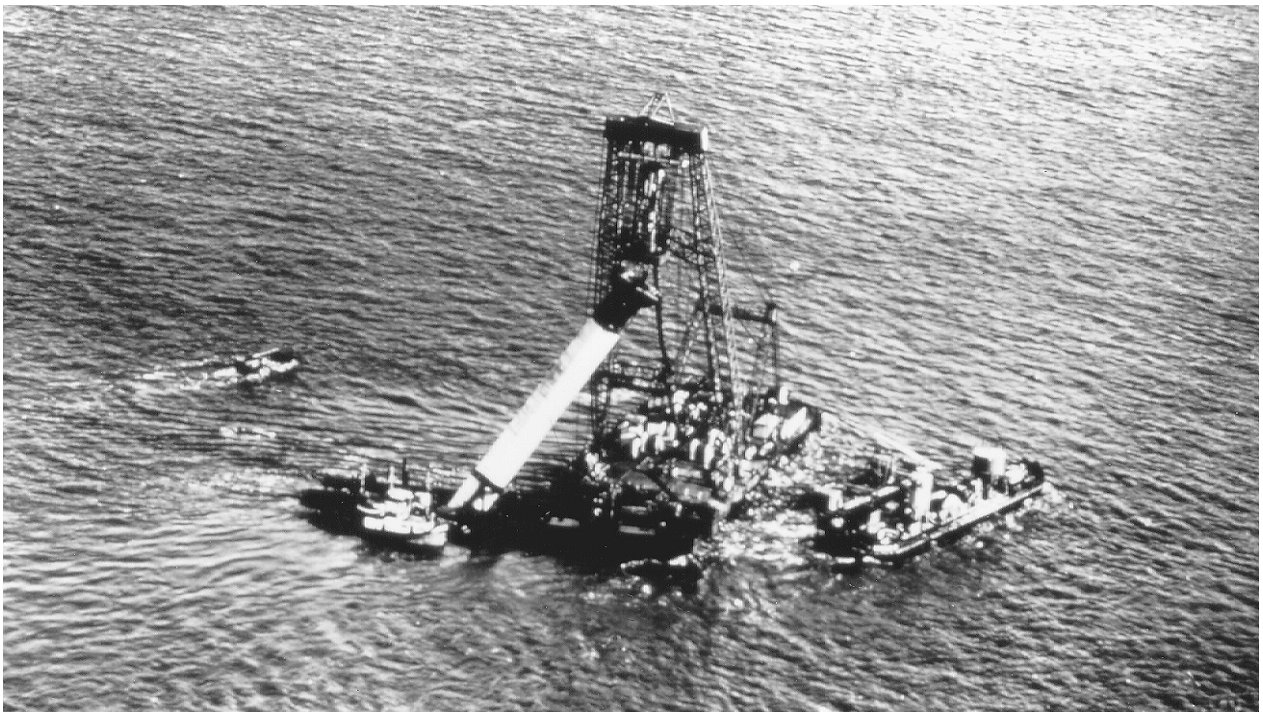
محدود کردن حدود پیرامونی باید برای ممانعت از ترک عمودی ایجاد شده به علت گرما و اثرات سازه ای مناسب باشد. به علت تقویت شدن با سیم و میله آهنی ، تنش مایل و شعاعی همه ترکیب می شوند تا شکاف‌های عمودی بین لایه های طولی را ایجاد کنند. تجربه نشان داده که باید محیط فولادی بدون تجاوز از تنش تسلیم با سطح مقطع بتنی با ظرفیت کششی مناسب مطابقت داشته باشد. این نوع به یک محدوده فولادی ۰/۸ تا ۱ درصد نیاز دارد.

یک مزیت اصلی این ستون های بتنی پیش فشرده با قطر بزرگ ، دوام (ماندگاری) و مقاومت خوردگی شان است. این خاصیت توانایی توسعه یافتن در میان آب و منطقه مرطوب را می دهد. اما در ماندگاری فقط می‌تواند با اتخاذ روش مناسب در مشاهده محیطی به اطمینان رسید. در سطوح زیر آب که اکسیژن محدود است، ماندگاری می تواند با بتن نفوذ ناپذیر مثل بتن ترکیبی شامل فوم سیلسیوم و یک پوشش مناسب با رویه بیرونی فولادی بدست آید.

در این ناحیه زیر آب ، موجودات دریایی به آنها متصل خواهد شد. بتن نفوذ ناپذیر متراکم معمولاً در برابر سوراخ شدن توسط این موجودات غیر قابل نفوذ هستند. اما در خلیج فارس می توانند در میان پوشش سیمان درون سطح زیرین سنگ آهک تحلیل ایجاد کرده و به سرعت سوراخی به قطر ۵۰ mm یا بیشتر ایجاد کند. در موقعیتی مثل این ، فقط مصالح سنگی سلیکا باید به کار رود. در ستون های Ja Aymah که مصالح سنگ آهک عیار بالا استفاده شده بود ، ستون ها به سرعت سوراخ سوراخ شده بودند.

تعمیرات بوسیله برداشتن صدف ها و سایر موجودات رشد یافته و پر کردن سوراخ ها با خمیر اپوکسی و پوشش دادن ستون با اپوکسی هیدروفوبیک که می توانست در آب قرار بگیرد انجام می شود. با پیشرفت علم از این تجربه ، بر روی پل گذرگاه شاه فهد از سنگهای آتشفشانی مصالح درشت و مصالح ریز استفاده شده بود. در بستر دریا ، حرکت شن قادر است باعث سایش سطح ستونها شود. معمولاً اینها در ناحیه سطح قابل پیش بینی نیست. استفاده از سیمان نفوذ ناپذیر متراکم که با فوم سیلیکات ساخته می شود، پاسخ بهتری را فراهم می کند.

نواحی خیس با نیروهای مهاجم زیادی سروکار دارد. مشکل اصلی، خوردگی فولادی های تقویت کننده می باشد که اکسیژن مورد نیازشان در هوا و کلرید آب دریا بوده و آب نقش الکترولیت را ایفا میکند.اگرچه بتن غیر قابل نفوذ و پوشش مناسب عامل اصلی محافظت هستند، این منطقه درمعرض چرخه خیس‌وخشکی و همچنین گرادیان دمایی قرار دارد،که ترکیب همه اینها قابلیت نفوذپذیری را افزایش میدهد.



شکل ۲-۱۸: برپا سازی ستون لوله ای بتنی

پوشش اپوکسی آرماتورها در معرض آزمایش قرار دارند اما معمولاً به علت لایه لایه شدن در زیر آب رضایتبخش نبودند. پوششهای سیمانی در طی شمع کوبی و زیر بارهای خمشی تمایل به ورقه ورقه شدن (خرد شدن) دارند.

پوشش های خارجی اپوکسی در سطح سیمانی ستون‌ها در منطقه خیس در ستون های پل گذرگاه «شاه فهد» به کار برده شد. پوشش تا بالای سازه اصلی پل امتداد داده شده و ۳ پوشش به کار رفته بود. پس از ۱۰ سال ، بازدید جزئیات نشان داد هیچگونه کلرایدی نفوذ نکرده است. پوشش اپوکسی تا بیش از ۴ متر امتداد داشت. بررسی نشان داد که نفوذ کلراید قابل توجه درون بتن از ۴ تا ۶ متری سطح آب بوده است. این معلوم کرد که در ناحیه خیس به گسترش خوب این مواد در بالای ارتفاع معمولی آب و امواج نیاز است. البته در پوشش اپوکسی خارجی، خرابی توسط اشعهUV هم موضوع مهمی است. در محل های مورد بحث که مجبورند هوای فوق العاده سرد را در طی زمستان تحمل کنند، در جاهایی که دوره جزر و مد باعث بالا و پایین رفتن آب می شود، بتن در برابر حملات سرما – گرمای شدید همراه با گرادیان (اختلاف) دما و خیسی و خشک شدن قرار دارد. ستون های بتنی یک تکه با آرماتور فلزی مناسب دوام و پایداری خود را اثبات کرده اند، ولی ستون ها ی با مرکز توخالی با ترک های عمودی که در پهنا به سبب یخ زدن روکش ها ایجاد می شود، زیان می بینند. اثرات یخ زدن و آب شدن سطوح را می شکافد. سپس فولاد در محیطی بدون محافظ زنگ می زند. تجهیزات اولیه ممانعت کننده در فضای بتن جا داده شده است و به طور اساسی در محیط فولادی استفاده می شوند تا تحت تغییرات دما و خیس و خشک شدن، تنش آرماتورهای فولادی از تنش تسلیم بیشتر نشود. روکش های اپوکسی در آرماتورها نیز به اندازه کافی مناسب نیستند. طبق آزمایشات کاربرد اپوکسی خارجی شامل ذرات شیشه و فایبرگلاس در پوشش سطح ستون بتنی در منطقه خیس ثابت شده که راه حل قابل قبولی می باشد.

۲-۱-٤-۳ اتصال ستون ها به پای ستون ها

همیشه در همه موارد ستون‌های پل، یک اتصال ثابت برای خمش کم مناسب است. یک بست دوبله بتنی از کمانش محلی جلوگیری کرده و کمی استحکام و سختی در نواحی بالایی ستون را افزایش می دهد. آرماتورها می توانند در این بست‌ها جاسازی شده و تا بالای پایه ستون ها ادامه یابند. اگر در آنها از تیرهای T شکل استفاده شود ، می تواند تاثیر زیادی در محکم شدن اتصال به وجود بیاید.

هنوز هم این عمومیت دارد که امکان فراهم کردن اندازه کافی آرماتور در بست ها برای انتقال کامل گشتاور در پوشش های فلزی به دلیل تاثیر کم قطر و نیاز به تهیه فضای مناسب برای پیش تنیدگی آرماتورها، وجود ندارد.جائیکه سر ستون ها بالای آب می آیند، بطور موقت با جایگذاری یک دیواری حائل قابل انتقال روی ستون ها، میل گرد ممکن است در یک فواصل نزدیک به هم جوش داده شود (متصل شوند) . در ادامه روکش های ستون های فولادی می تواند درون پای ستون ها یا کلاهک ستون امتداد یافته و بوسیله سیم های برشی یا نوارهایی در امتداد با ستون های فولادی افقی به بالا و کف متصل شوند. معمولاً در اینجا دوباره فقط ممکن است یک بخش از گشتاور در قطعات ته ستون در عمق قابل قبول منتقل شود.پیش‌تنیدگی ناشی از کشیدن میله های تقویتی می تواند دور یک شمع ، در قطعات کف ته ستون پیچ خورده، سپس به سمت انتهای دیگر قطعه در یک قوس سهمی رو به بالا حرکت کرده و فشرده شده و در بالای قطعه مهار شود. سایر میله ها در بالا می توانند به شمع متصل شوند. این پیش‌تنیدگی در دو جهت متعامد یک روش عملی در انتقال کل ممان ها ایجاد می کند.برای بتن پیش فشرده با هسته توخالی یا ستون های لوله ای ، بست دو شاخه ای بتنی در نوک باید با یک سطح زبر و قطری که وقتی بر روی ستون آویزان شد ۵۰ میلی متر فاصله ایجاد کند، پیش ساخته شود.سپس در این فاصله تزریق سیمان انجام می شود. تیرهای طولی می توانند هم از روکش شمع و هم از بست دو شاخه ای آن امتداد یابند.

۲-۱-٤-٤ ستون مایل قطر بزرگ

این مفهوم یک روش خیلی اقتصادی و جذاب برای ساخت فونداسیون شمع است. این روش وقتی بارگذاری جانبی کم بوده و جاهایی بستر چند متر زیر رسوب قرار دارد موثر است. پوشش با کوبش لرزشی یا ضربه نصب شده و معمولاً نیاز است که بیرون از آب نگه داشته شوند. حفاری با مته چرخشی با قطر بزرگ مثل یک ستون با سرمته ای یا با پایین بردن مته در سوراخ حفر شده انجام می شود. سطح آب در لوله جداری در سطح آب یا کمی بالاتر (صفر تا ۲ متر) نگه داشته شده است. همچنین لوله جداری حفاری دورانی نیز برای اینکه اندازه نوک پوشش با دندانه ها یا سرمته های ثابت مانده و لوله حفاری دورانی درون صخره های نرم فرو رود (بشکند و فرو رود) به کار می رود.

وقتی ستون در میان شن ها یا لجن ها یا سنگ رسی (لای) ساخته شد، موقع پایین رفتن در حین تماس با آب، از دوغاب استفاده می کنند تا به باز نگه داشته شدن سوراخ کمک کند. در گذشته ، وقتی آب دریا مانع این کار شد از دوغاب بنتونیت استفاده می شد.

اگرچه به نوبه خودش نسبتاً ارزان بود، اکثر کشورها تخلیه آن را درون آب پهلوی اسکله ممنوع کردند، چون محتویاتی داشت که در ستون های مجاور ایجاد خلال کرده، مهمتر اینکه در مورد کف سیلیسی رسوبات سنگی و سنگ های رسی که غیر قابل نفوذ (سوراخ نشدنی) هستند، بنتونیت ارتباط با بتن را کاهش می داد. تلاش برای پاک کردن آن با شستشو با آب به طور فوری قبل از بتن ریزی، گاهی اوقات به فرو ریختن دیواره ها منجر می شد. اخیراً دوغاب های پلیمری با تجزیه زیستی در یک دوره زمانی کوتاه گسترش یافته اند، که محیط قابل قبولی را ایجاد می نمایند. اینها عملاً چسبندگی بتن به دیواره های ستون را بالا می برند. هرچند واقعاً مواد گرانی هستند استفاده آنها در بیرون از آب مخارج عملیاتی را کاهش داده و کارایی قابل اطمینانی را فراهم می کند.

از آنجائی که عملیات حفاری در نوک انتهایی لوله حفاری انجام می گیرد ، آنها باید با متمرکز کننده ای که روی دیواره ی حفره نصب می شود، حفره را همتراز با لوله نگه دارند، وقتیکه شمع‌ها شیب دار باشد مراقبت ویژه ای باید انجام شود . یک حفره با بدنه خشک و چند متمرکز کننده قسمتی از راه حل موضوع سست شدن دیواره ها (افتادن) هستند.

در همه عملیات حفاری ، مراقبت باید برای جلوگیری از کاهش خمش در جاهایی که ستون متحرک تحت فشار بیش از حد خودش زیر پوشش می باشد انجام شود. وقتی سازه یک شمع در میان شن های سست و مشترک با صخره در حال حفاری است ، این آخرین مطلب از عمومی ترین مشکلات است و معمولاً می تواند به وسیله فرآیندهای گفته شده از آن جلوگیری نمود:

۱) کوبیدن پوشش و نشاندن آن در فرم سخت و یا سفت قابل اجرا است اما بدون کوبش خیلی شدید چون نوک آن صدمه می بیند.

۲) خالی کردن شمع با یک سر متوازن آب .

۳) استفاده یک مته جلورونده یا پایین رونده در سوراخ برای حفاری رو به جلو به اندازه ۱ متر یا بیشتر. مته جلو رونده در صخره های خیلی خوب است زیرا با میله به اندکی انحراف یک حفره بزرگتر از پوشش را ایجاد می کند.

۴) دوباره نشاندن پوشش به وسیله کوبش.

۵) سوراخ کردن پایه.

ستون های مخروطی به طور گسترده استفاده می شوند و به طور مفید ظرفیت تکیه گاهی بالا در لایه های خاص با ضخامت محدود ارائه می دهند. بنابراین آنها فقط با کوبیده شدن ایجاد می شوند و در لوله ها حفر شده بود که از این راه کار برای سازه های روی آب استفاده شده بود. زیرا به طور بالقوه مشکلات ریزش را افزایش داده و نتیجه یک نقص بوده و پوشش در عمل یک شمع لوله ای کوبیده شده بود.

سپس لوله بتن ریزی قرار داده می شود، به عنوان نمونه از مته سخت در لوله استفاده می شود ولی یک لوله انتقال بتن مجزا ممکن است بکار رود. این سیمان باید به وسیله لوله انتقال بتن جایگذاری می‌شود و از پمپاژ آن به پایین باید ممانعت شود. البته فرستادن سیمان به وسیله پمپ یا بالابر و باز کردن قیف ناودانی دربالای آن نیزمطلوب است. پمپاژ مستقیم از کف ستون به تلفات زیادی منجر می شود. علت درستی بیان نشده است اما شرح زیر قابل اطمینان است: پمپ پیرامون تمام لوله را پر می‌کند، چنان که سرستون به طور کامل از بتن تازه ساخته شده باشد ، آن را تخلیه می کنند. یک ضربه در فشار پمپ اضافه می کنند در نتیجه یک نرخ جریان و یک اثر ترکیب شدید است که سیمان را از مخلوط بتن پاک می کند.

حال سوالی پرسیده می شود؛ چرا تزریق سیمان در میان لوله های قطر ۲۰ تا ۳۰ متر مشکل مشابه را ایجاد نمی کند؟ جواب این است که اصطکاک از نرخ جریان بالا جلوگیری می کند.

برگرداندن بتن باید از قوانین عمومی جرم بتن تبعیت کند، ولی چون که به دلیل قطر کوچک لوله انتقال مصالح دانه درشت در حدود حداکثر ۱۰ mm محدود هستند، یک لایه بالایی سنگی مخلوط با شن، ۵۰٪ کل مصالحی که باید استفاده شوند را تشکیل می دهند. یک ستون مخروطی باید نیروی برشی زیاد و خمش عرضی عمیق را تحمل کند. هنوز سیستم عملی برای جایگذاری سیمان مستحکم شده در حفره مخروطی بیرون از هسته یافت نشده است.

بنابراین تا امروز، تلاش‌ها در استفاده از یک ترکیب کم حرارت برای جلوگیری از شکستگی گرمایی متمرکز شده است، استفاده از مصالح ریز دانه و فوم سیلیکا به مقاومت کششی کمک می کند. از این رو برای آینده، گنجاندن رشته های فولادی در ترکیبات بتن، میتواند یک راه حل باشد.

در بتن هایی که در ستون های حفاری جایگذاری می شود، عموماً طرز کار آن ها در حین زمین نشستن با برداشتن لوله جداری بوده است. این همان روش کاری است که بعضی اوقات برای پل ها روی آب به کار برده می شود، اما در اینجا توصیه نمی شود. برداشتن لوله جداری اغلب اوقات باعث صدمه دیدن بتن تازه ستون حفاری و ورود دوغاب شده و فضای خالی ایجاد می کند. این ها تاخیر زمانی و خسارت زیادی را نتیجه می‌دهد. حذف روکش لوله ای فولادی (لوله جداری) و جایگذاری اجزاء دائمی، بکار بردن کامپوزیت های بتنی و پوشاندن آن با آرماتور دور پیچی شده توصیه می کند. همچنین لوله های جداری ، بتن را نگه داشته و ستون ها را سفت می کند. در نتیجه این راه کار ، ترکیب با یک ستون لوله ای پر شده با بتن می باشد.

یک راه حل در هنگ کنگ بکار برده شد. پس از اینکه ستون حفاری شد، یک ورقه موج دار درونی با قطر کمتر از ۵۰mm در آن جایگذاری شد. فاصله خالی بین ورقه و لوله جداری با سنگریزه پر شود (اندازه به طور یکنواخت ۸ تا ۱۰ میلی متر) . سپس هسته تقویت شده نصب شده و ستون بتن ریزی شد.پس از اینکه بتن سفت شد ، روکش بیرونی به وسیله لرزش بیرون کشیده شد. این روش بوجود آمد تا نتیجه رضایت بخشی را ارائه بدهد. اما به علت ضایعات زیاد ستون حفاری درون زمین ، اصلاح روش کار ، به وسیله اصول تکنیک صوتی و اقتصادی برداشتن لوله جداری از محل قرار گیری اش لازم بود.

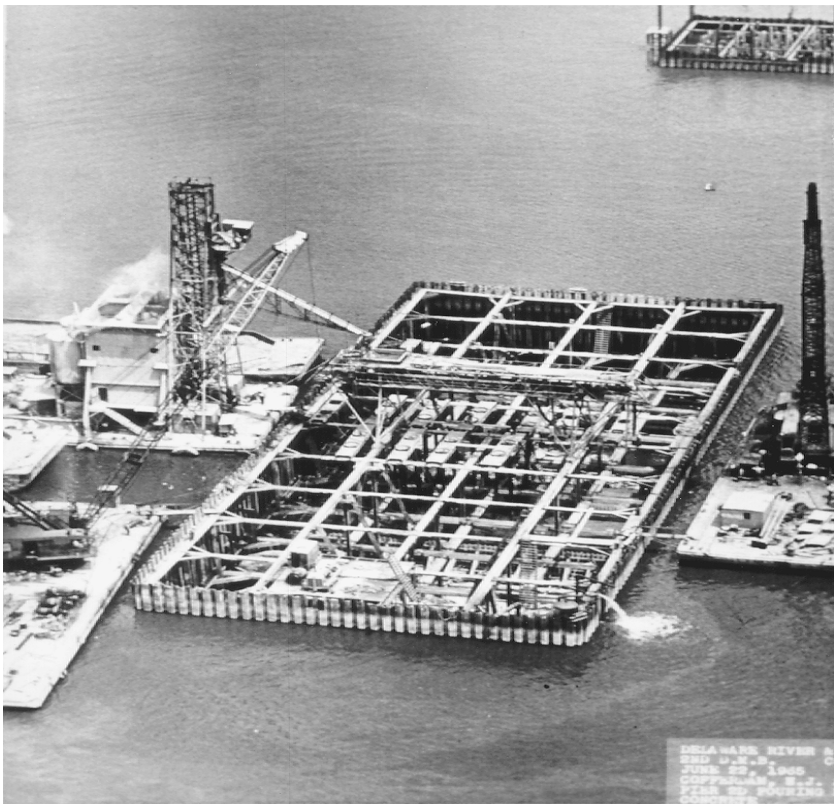
۲-۱-۵ دیواره‌ی حائل شمع های پل

کلیات : این ها سازه‌های موقتی هستند که نصب شده‌اند تا در حین آبگیری اجازه ساخت بلوک‌های پای ستون و بخش بیرون آب شفت (ستون) را در خشکی بدهند. دیوارهای حائل نباید فقط کناره ها را از آب جدا کند بلکه باید مانع ورود آب به قسمت زیرین عرشه هم بشود. نیروی اصلی اثرکننده به این دیوارها نیروهای هیدرواستاتیک هستند، ولی ممکن است در برگیرنده کف ، مخصوصاً وقتی بستر سست است هم باشد. نیروهای بستر نامتوازن یک مورد ویژه برای سازه دیوارهای حائل در بستر های شیب دار هستند، که دیوارهای حائل در کل باید محکم ساخته شود تا بتواند در برابر نیروهای یکپارچه مقاومت کند. در مراحل مشابه باید در برابر نیروی جریان آب ، نیروی موج و نیروی یخ ها مقاومت کند.

از نظر سازه های ، این نوع دیوارهای حائل شامل دیواره خارجی ، یک صفحه بتنی آببند که با ستون نگهداری شده و دیواره‌ی حائل تقویتی درونی می باشد. دیوارهای حائل مدور که ساخته شده بودند، هم شمع های تخت فولادی دارای مقاومت عرضی و هم دیواره هایی با دوغاب بتن داشتند. آنها در مقاومت در برابر نیروهای هیدرواستاتیک موثر هستند، ولی به نامتوازن بودن و نیروهای محلی که خمش (عرضی) ایجاد می کنند خیلی حساس هستند.

۲-۱-۵-۱ دیوارهای حائل ورقه ای فولادی

ستون های ورقه ای فولادی مناسب سازه دیوارهای حائل هستند. ستون های ورقه ای که با ظرفیت بالای خمشی به کار می رود یا سطح مقطع Z شکل دارند یا یک ترکیب از یک سازه پهن لبه دار ، یا یک ترکیب از یک سازه پهن لبه دار ، یا یک ستون لوله ای با سطح مقطع ورقه ای Z شکل می باشند. ستون های ورقه ای به هم پیوسته هستند.



شکل ۲-۱۹: دیوارهای حائل با ستون های ورقه ای

ستون های فولادی که در طول تیر افقی نصب شده اند پشتیبانی موقتی را ارائه می دهند. سپس در کنار هم کوبیده می شوند، اما نوک ستون های مجاور نباید بیش از ۱ تا ۱/۵ متر در ارتفاع با هم اختلاف داشته باشند. چکش‌های ارتعاشی در کوبیدن شمع‌های فولادی خیلی موثرند. در اکثر بسترهای سخت، چکش‌های ضربه‌ای ممکن است برای تمام کردن عملیات نهایی احتیاج شوند.

اکنون باید مهاربند تقویتی برای پشتیبانی از شمع های ورقه ای نصب شود. مهاربند تقویتی پایینی باید طوری نصب شود که قابلیت دوباره جدا شدن را داشته باشد. اکنون باید حفاری تا یک سطح عمق کافی که اجازه آببندی توسط سیمان ضد آب و ساختن بلوک ته ستون را می دهد ادامه یابد. در واقع آنها معمولاً باید در عمق ۰/۵تا ۱متر برده شوند تا اجازه دهد که در سنگ ریزه های زیر بستر قرار گیرد. (شکل۲-۱۹)

حال وقت کوبیدن تیرهاست. علاوه بر اینکه آنها شمع های داخلی خواهند بود، هر ستون اضافی باید در برابر بالا رفتن ستون ها وقتی دیوارهای حائل آبگیری می شود، مقاومت کند. شمع های مایل اگر با سر ستون های ورقه ای برخورد کند مشکل ویژه ای بوجود می آید .در این مورد ، ستون های مایل ممکن است هر یک جابجا شوند یا دیواره های شمع های ورقه ای را به سمت بیرون حرکت دهند . بتن آببند معمولاً طوری طراحی می شوند که به شمع ها متصل شوند و یک پوشش بین شمع ها و قطعه تقویت نشده ایجاد کند. اما در دیوارهای حائل مختلف امروزی ، قفسه های فولادی می توانند در ترکیبی که روی سطح دیوارهای حائل استفاده شده بود ، نصب شوند. حال دیوارهای حائل از آب تخلیه شده (عکس ۲-۲۰) و ستون ها و پای ستونها در خشکی ساخته می شوند.

شکل ۲-۲۰: تخلیه آب از دیواره‌ی حائل

پیش از پایان عملیات ساخت، دیواره‌ی حائل مغروق شده و ستون های ورقه ای به وسیله چکش ارتعاشی برای دوباره استفاده شدن بیرون کشیده می شوند. جای خالی دور ستون ها ، با سنگ یا سنگریزه پر میشود.

شرح بالا خیلی ساده و عمومی بوده و کافی نیست. شرح زیر یک سلسله متناوب است که می تواند در روی اکثر دیواره‌ی حائل انجام شود و کاملاً ضروری و اقتصادی می باشد:

۱) گودبرداری اولیه .

۲) تمام شمع های مورد نیاز ، با استفاده از یک چکش سقوطی و یا چکش زیر آبی کوبیده می شوند.

۳) ساخت سیستم مهاربند تقویتی مانند یک قاب فاصله دار پیش ساخته . نصب یک واحد و آویزان کردن آن از یک پایه ستون کوبیده شده در میان روپوش مهاربند تقویتی.

۴) حال به کوبیدن شمع‌های ورقه ای می پردازیم دور ورقه ها یا بالای مجاور بستر را پر می کنیم تا مقاومت ویژه در برابر فشار بیرونی بتن ایجاد کنیم.

۵) گذاشتن سنگ ریزه در زیر کف بستر ، سپس تزریق بتن آببند ؛ که با آزمایش مهندسی در مسیر آببندی قادر است با بلوکهای سیمانی ته ستون ترکیب شده و در زیر آب با یک آرماتور پیش ساخته و بتن ضد آب دوباره ساخته شود.

۶) بیرون کشیدن شمع های ورقه ای . برداشتن مهاربند تقویتی برای استفاده مجدد.

اطلاعات بیشتر در مورد سازه دیواره‌ی حائل در هند بوک سازه های موقتی Ratag ویرایش دوم فصل ۷ یافت می شود.

۲-۱-۵-۲ تزریق دوغاب دیواره‌ی حائل

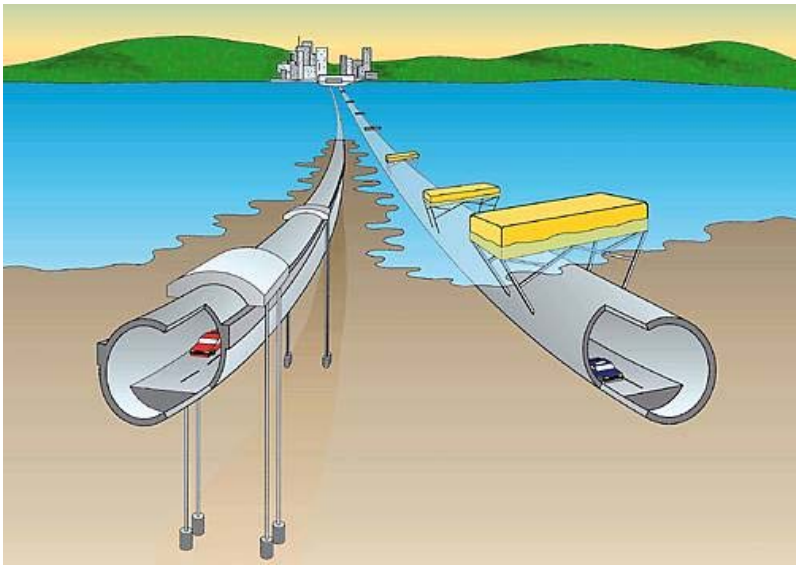
برای آبهای خیلی عمیق و بستر نرم ، ژاپنی ها یک روش اصلاح شده در تکنولوژی تزریق دوغاب دیوارها انتخاب کردند. از یک حلقه مدور ساخته شده و یک تکنیک دوغاب پاشی دیوار استاندارد استفاده می شود. کف تمام مسیرهای بالای سطح ساخته شده ، دو دیواره ورقه ای هم مرکز ساخته شده و سپس پر می شوند . آنگاه تجهیزات متعلق به دوغاب پاشی روی دیوار حفاری شده بتن ریزی می کنند. برای بدست آوردن حلقه ای تحت فشار با لنگی کم یا بدون لنگی (خروج از محوریت) تلاش زیادی در عمودی نگه داشتن و هم محور قرار دادن صحیح دو دیواره انجام می شود .

دوغاب پلیمری برای باز نگه داشتن سوراخ حفر شده استفاده می شود. اتصال بین اجزاء مجاور که شکل گرفته اند یک بست برشی ارائه داده و زاویه مناسب برای انتقال ممان در آرماتور های روی هم افتاده استفاده شده ایجاد می کند . سپس بتن در سوراخ (شکاف) جا داده می شود. (شکل۲-۲۱)

شکل ۲-۲۱ : دیواره‌ی حائل

۲-۱-۶ تونل پیش ساخته زیر آب (tube)

کلیات: بیش از ۱۰۰ تونل پیش ساخته زیر آبی به طور موفقیت آمیزی برای عبور کردن از دهانه ها، بنادر و رودخانه‌ها در ایالات متحده آمریکا ، اروپا ، آسیا و استرالیا ساخته شده است. در نتیجه این استفاده پی‌درپی بیشترین پیشرفت را در ساخت و نصب آن نتیجه داد. (شکل ۲-۲۲)



شکل ۲-۲۲: تونل پیش ساخته زیر آب (tube)

Tube ها بزرگ بوده و به عنوان نمونه ۱۰۰ متر طول ، ۳۰ متر عرض و ۱۰ متر عمق دارند. هر کدام از آنها از بخش‌های کامپیوزیتی آهن و بتن در ایالات متحده یا در اروپا با بتن تقویت شده و فولاد مستحکم شده و سیمان اندود شده است، شناور می شوند. بخش tube از سطح با بارج کاتاماران پشتیبانی شده است و تا رسیدن به بستر سنگی و یا سطوح هم سطح پایین می رود. اتصالات از پیش نصب شده است. سرانجام شیارها پر شده و یک پوشش محافظ در آن پر می شود و یا در روی آن سنگریزه قرار داده می شود.

اندازه بزرگ و حجم این سازه ها توجه دقیق به تاثیرات جریان ، چگالی آب و مهمتر از همه نیروهای جنبی و هیدرو دینامیکی که در لایه های مختلف آن در حین عملیات غرق سازی وجود دارد، نیاز است.

۲-۱-٦-۱ تونل کامپیوزیتی بتن – فولاد پیش ساخته

سازه های فولادی شامل ورقه پوسته خارجی و قطعات داخلی تقویتی و مهاربندهای تقویتی هستند که معمولاً در کارخانه کشتی سازی ساخته می شوند. بالکهدهای (دیواره های عمودی) موقتی سنگین به دو انتهای آنها وصل می شوند. آنها برای مقاومت در برابر فشار هیدرواستاتیک ماکزیمم در طی مغروق سازی طراحی می شوند.

واشرها چسبانده شده و ستون های فولادی تقویت شده به ورقه پوسته و سایر ستونها به مهاربند تقویتی وصل می شوند. همچنین فولاد تقویت شده اضافی برای بتن ریزی هم ممکن است در این زمان نصب شود ، سپس اسکلت فولادی با استفاده از سرسره‌های استاندارد آب‌اندازی شده و سپس به تجهیزات عرشه مهار می شوند.

کارگران در میان سوراخ های سقف کار کرده و بتن تقویت شده را به طور پیش رونده تزریق کرده و آن را می سازند. گاهی اوقات طول لوله هایی که استفاده می شود به ۱۶ تا ۲۰ متر هم می رسد . بتن به وسیله پمپ شدن منتقل می شود و با کنترل دقیق می توان از اتلاف آن جلوگیری نمود.

یک قطعه ساخته شده سبک و یک لایه عمودی بر روی کانال در انتهای مسیر نصب شده ، تا یک راهنما در طی نصب ایجاد کرده و امکان دستیابی به خطوط تعادل سازی ، انتقال ، خطوط هوای فشرده ، خدمات الکتریکی و تجهیزات دیگر را به وجود بیاورد. همچنین لوله عمودی توانایی دسترسی کارگران را نیز فراهم می کند. این نوع سازه ها ممکن است مثل کانال سوم بندر بوستون در یک حوضچه تعمیر ساخته شده و کامل شوند.

۲-۱-٦-۲ قسمتهای تونلی یکپارچه پیش ساخته

این نوع سازه ها معمولاً در حوضچه خشک ، قبل از شناور شدن ، به طور کامل ساخته می شوند. سازه های بتنی تقویت شده در قطعات کوچک ، با استفاده از یک ترکیب بتن ویژه که برای حرارت ئیدارسیون کم طراحی شده است ساخته می شوند. برای محدود کردن ترک معمولاً اثر حرارت در طراحی بتن مستحکم شده را کنترل می کنند .

در اکثر پروژه های اروپایی، سازه ها به سختی به طور متقاطع تقویت می شوند زیرا در قطعات ضخیم، تعداد زیادی نوار برای نگهداشتن یک تنش فشاری قابل توجه نیاز است. در طراحی تقویت کننده ها در مراحل مختلف برای انتقال سازه ها باید توجه کرد. در مدت ساخت و مستحکم کردن ، هیچ نیروی هیدرواستاتیکی وجود ندارد. در انتهای کار سقف هم تحت بارگذاری است. کنترل دقیق در همه ابعاد در طی ساخت انجام می گیرد سپس وزن و جابجایی در طی شناور کردن تعیین می شود. بالکهدهای فولادی موقتی سنگین در هر انتها ثابت شده و واشر در آنها نصب می شود. یک برج عمودی برای تامین کنترل و در دسترس بودن ، نصب می شود. پوسته های ضدآب در دیوارها و سقف به کار برده می شوند. در مورد سقف، پوسته ممکن است صفحه فولادی باشدکه با پیچ و مهره نصب شده و با سیمان پوشیده شده در سطح زیرین آن باشد. یک پوشش لاستیکی در روی دیوار استفاده می شود . سازه در حوضچه خشک شناور بوده و هیچ نیازی به تقویت ندارد.

اخیراً در اکثر قطعات لوله ای در هنک گنگ ، سیدنی و دانمارک فقط با فولاد تقویت شده ساخته شده بودند، فولاد تقویتی در پهناهای خیلی کم هر نوع ترک را به طور کامل محدود می کند. مراقبت ویژه در تعیین حرارت ئیدراسیون بتن باید اتخاذ شده و یک روکش ضد آب پلاستیکی بر روی دیواره ها و سقف باید نصب شود.

در تونل «اورساند» بین دانمارک و سوئد یک سازه با شکل منحصر بفرد بکار برده شد. هر قطعه بزرگ به قطعات ۵ متری با سطح مقطع کامل تقسیم بندی شد. آنها در کارخانه ، روی سطح آب ساخته شده بودند. هر قطعه کوچک عرضی در مجاور قطعه قبلی منطبق شده و هر قطعه کوچک در یک جایگذاری متوالی در جای خود قرار داده شده و اختلاف دمایی سازه و انقباض بتن که باعث ایجاد ترک می‌شد ، رفع شد.

واشرها بین هر قطعه کوچک نصب می شوند. وقتی همه قطعات کوچک برای طول ۱۴۰ متر کامل شدند. آنها بطور موقتی پیش تنیده هستند . بالکهدهای موقتی انتهایی به بالکهد قبلی متصل می شوند. استفاده از یک خاکریز و یک بالکهد (دیواره عمودی) موقتی دروازه ای ، سطح آب دور قطعات طویل را قبل از شناور شدن کاهش می دهد. سپس قطعات به طرف دریا ، در محل عمیق که سطح آب آن پایین تر از آب دریاست حرکت داده می شوند. حال قطعات می توانند شناور شده کشیده شده و نصب شوند و در یک بستر مسطح در آب فرو روند. وقتی قطعات نصب شده و پر شدند ، تنیدگی موقتی از بین می رود.

۲-۱-٦-۳ آماده سازی معبر گودبرداری شده

در صورتیکه قطعات پیش ساخته باشند، گودال توسط لایروب حفر می شود. سپس تا حد کمی با سنگ ریزه یا شن برای تسطیح کف پر می شوند. در آخرین پروژه لوله گذاری ، مخصوصاً آنهایی که در اروپا انجام می شوند، تلاشی برای تسطیح کامل انجام نمی شود اما بستر سنگی یا شنی با لایروب مسطح می شود تا هیچ جایی ناهموار نباشد . این روش به صفحات اولیه نصب نیاز دارد تا سازه به طور کامل با محل نصب لوله همتراز شود.

در مورد لوله گذاری گذرگاه «وبستر» بین «اوکلند» و «آلامدا» کالیفرنیا صفحات موقتی ، شمع پشتیبانی با یک زیر سازی ویژه تیر حمال متقاطع بود که قطعه لوله ای بطور موقت به آن تکیه می کرد. این تیر متقاطع از چوب و فولاد ساخته شده بود که قدرت کافی برای پشتیبانی لوله در طی جایگذاری اولیه را داشت ، اما وقتی لوله پر شد و به طور کامل متعادل شد، نیروها را به طور یکنواخت به بستر شنی منتقل می شود. به عنوان نمونه ای دیگر صفحات پلی اورتان هستند که در روی قطعات بتنی استفاده می شوند ، با روش مشابه برای انتقال نیروها طراحی می شوند.

در مورد لوله های طراحی شده دانمارکی، صفحات بتنی کارگذاشته شده بود، که عملیات جایگذاری پایه ها تنظیم شده و به طور کامل اندازه گیری شد، سپس با جاری نمودن شن به زیر آن محکم می شد.

در اکثر لوله گذاری های اخیر در آمریکا ، بستر سنگی به طور کامل با شمشه های جمع کننده مواد اضافی مسطح شده یک باراج کاتاماران نیمه مغروق با یک وسیله کشنده در هر گوشه آن به کار گرفته شد که قادر بود قطعه را در برابر نیروی بالابری ، با توجه به اینکه جزرو مد تغییر می کرد، ثابت نگه دارد. کشنده در برابر وزن بتن از پیش نشانده شده عکس العمل نشان می دهد ، بنابراین در کاتاماران از یک تیر طولی برای تنظیم شیب شناور ، استفاده می شود.

در کانال «اورساند» ، بستر سنگی بطور مشابه با یک لایروب تسطیح شده با یک سر ویژه که سنگ‌ها را تکه تکه می کرد، مجهز شده بود. این سر برای بالا آمدن کامل از کنترل کننده کامپیوتری با موقعیت یاب الکترونیکی و عمق سنج استفاده می کرد. لایروب هدایتی و سرآن در یک روش نیم دایره ای با حرکت به عقب و جلو منطقه ای همترازی را ایجاد می کرد.

۲-۱-٦-٤ نصب قطعات

در اکثر سازه های اخیر ، قطعات با طول ۸۰ تا ۱۴۰ متری به وسیله یک بارج کاتاماران نصب می شوند. (در عکس ۲-۲۳ دیده می شود) این بارج شامل دو بدنه که قطعه لوله ای در وسط آن قرار دارد میباشد. کاتاماران در موقعیت خود با مهاربندهای محکم مهارشده و قطعه بصورت شناور محکم نگهداشته شده است.

شکل ۲-۲۳: حمل قطعات پیش ساخته تونل توسط بارج

از این رو در کانال اورساند دو جفت بارج پانتونی با یک جرثقیل دروازه ای روی آن بهم متصل‌شده، در نتیجه دو کاتاماران کوچک برای رفع کردن ممان های خمشی طولی در اسکلت مورد استفاده قرارمی‌گیرد. پایداری در طی غوطه وری بوسیله نگه داشتن مرکز گرانشی لوله زیر مرکز بویانسی بدست می آید، برای غلبه کردن بر بویانسی مثبتی که لوله در طی شناوری دارد. معمولاً از یک وزنه تعادل خشک مثل کیسه شن قرار داده شده استفاده می شود تا پایداری کاهش نیابد.

قطعه لوله ای چون پایین است، از جریان گردآبی و برخورد جریان به سبب سرعت بالا در زیر لوله و نزدیک کف تاثیر می پذیرد که این می تواند شیاردیواره را دچار سایش نماید. بنابراین قطعه‌ی لوله‌ای باید در هنگام دوره جریان کم، بعنوان مثال در هنگام فرونشاندن جزرو مد نصب شوند. موقعیت یابی افقی به وسیله طناب مهار کنترل شده ، از سکوی روی عرشه یا از ساحل و یا دلفین (داک) بر بخش خودش رانده می شود، به طوری که هیچ جابجایی دورانی در قطعه لوله ای ایجاد نشود، چگالی آب ممکن است به دلیل شوری آب و ذرات معلق در نزدیک بستر دریا افزایش یابد.

جاهایی که قطعه لوله ای در محل نشست، پس از اینکه مخازن بالاست اضافی برای ایجاد تعادل نصب شد، عملیات روکش کردن انجام می گیرد. وقتی یک متر انتهایی به زمین نشست طنابها از روی قرقره قطعه قبلی ، قطعه جدید را به درون شکاف هل می دهد. این شکاف ممکن است با اندازه گیری مستقیم بوسیله غواص یا بوسیله یک مبدل صوتی برد کوتاه در انتها ی لوله ارزیابی می‌شود. سپس قطعه لوله ای پایین فرستاده شده روی دو پایه بیرون آمده از قطعه قبلی قرار می گیرد. در این زمان ، لبه های هدایتی لوله ۰/۵ متر بالای بستر سنگی یا لایه های هم تراز در انتهای لوله می باشد. جک های جلو رونده شبیه واگن های قطار به هم متصل شده ، به دیواره لوله قبلی وصل شده و با فشرده کردن ناحیه درز لوله ها برای جلوگیری از نفوذ آب ، بخش نرم واشر GINA را متراکم می کند. سپس لبه های هدایتی روی لایه های همتراز می نشیند. کارگر از داخل لوله قبلی ، فضای بین دو دیواره عرضی (بالکهد) را از آب خالی می‌کند. فشار هیدرواستاتیک اثر کننده در انتهای هدایتی بالکهد واشر را به طور محکم به هم فشرده می کند. حال وزنه‌های تعادل اضافی می تواند نصب شوند. وقتی به طور کامل نصب و خشک شده و بررسی شد، دو بالکهد انتهایی جانبی بریده شده و اتصال به خوبی ایجاد می شود. این عمل برای لوله های بتنی مستحکم شده یک واشر درونی اضافه می شود.

۲-۱-٦-۵ پر کردن زیر و روی خطوط لوله

وقتی قطعات لوله ای روی پایه های و صفحات همتراز می نشیند، فقط بالای بستر سنگی، شن جریان یافته یا جت می شود (با فشار فرستاده می شود) تا شکاف ها را پر کند. مراقبت بیشتری باید برای اجتناب از برخورد نوک هیدرولیک خیلی بزرگ که برای روان کردن شن استفاده می شود، انجام گیرد.

بتن رقیق کم مقاومت (سست) به زیر قطعات لوله پاشیده شده و لبه ها با کیسه های شنی یا شن های پرکننده آببندی می شوند. پرکردن های اولیه دور دیواره های لوله باید با مراقبت و ملاحظات قرینگی انجام شود تا از جابجایی از پهلوی لوله ها جلوگیری شود . به این دلیل قرار دادن یک لوله انتقال مصالح بلند برای پر کردن سریع قابل استفاده است، بنابراین شن با تراکم کم قرار داده می شود. در مناطق زلزله خیر ممکن است با ستون های سنگی یا ارتعاشی عملیات متراکم سازی مورد نیاز انجام می گیرد . سپس یک روکش شنی بر روی لوله گذاشته می شود. برای جلوگیری از صدمه دیدن لوله از سقوط لنگر از قطعات سنگی یا صفحات بتنی محافظ استفاده می شود. این پوشش سنگ ریزه باید به وسیله بیل مکانیکی ریخته شده و به سطح بستر دریا برده شود تا به لوله آسیب وارد نکند.

۲-۱-٦-٦ غوطه وری و مهار لوله ها

آنها سابقاً برای معابر عمیق آب پیشنهاداتی داشته و جزئیات را برای معابر«استریت و آومسینا» و «هاگسفجورد» در نروژ طراحی و ساخته بودند. روش کار پیشنهادی برای تونل های پیش ساخته غوطه ور شده شبیه روش‌های قبل بود،به جز اینکه هر قطعه لوله باید در موقعیتی که اتصالات نصب شده اند، نگهداشته شود. بست ها تا بلوک‌های مهارکننده ادامه یافته ، بلوک‌های وزنی در روی کف دریا یا روی لنگر ستون ها نصب می شوند. اما در عمق ، اتصالات معمولاً از قبل نصب خواهند شد و با طول مناسب ساخته می شوند.

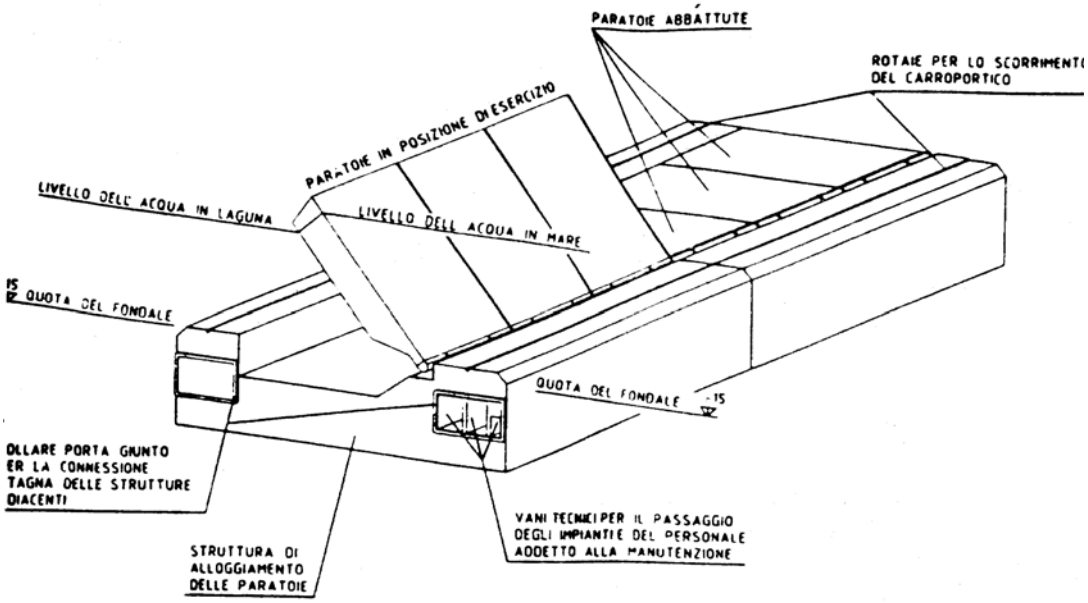
۲-۱-۷ موانع امواج طوفانی

کلیات : این سدها یک پیوند در تکنولوژی ساخت بین پایه های پل و تونل های پیش ساخته مغروق ارائه می دهند. آنها معمولاً در یک حوزه ساخت پیش ساخته و در محل استقرار شناور می شوند و گاهی اوقات اندکی به وسیله مخازن شناوری خارجی یا یک کاتاماران پشتیبانی می شوند. در ابتدا آنها مانند لوله ها قبل از اینکه قطعات دیگر نصب شوند، روی یک پایه آماده شده قرار داده شد و متصل می شوند. دریچه های تنظیم آب آنها از قبل نصب می شوند یا پس از جایگذاری موانع، نصب شده و سپس در محل خود محکم می شوند. از این رو آنها مانند یک سد دریچه ای عمل می کنند و باید از جریان های چرخشی در آنها جلوگیری شود. در اکثر موارد این کار با نصب ستون ورقه ای فولادی کوبیده شده عملی می شود ، هرچند در مورد موج شکن «اوسترشیلد» هلندی ها یک مسیر نشست طولی گسترش یافته به دلیل فشار جریان زیرین به طور کامل متلاشی شد.

آنها فیلتر فابریک و لایه هایی روی منطقه گسترده ای در هر کناره موج شکن قرار دادند. با این کار حتی اگر ته نشینی رخ دهد این نشست محدود می شود.

۲-۱-۷-۱ مانع امواج طوفانی و نیز

این پروژه عظیم شامل بستن سه دهانه آبگیر ونیز بود که به طور کامل برنامه ریزی و طراحی شده بود اما با وجود این ضرورت هنوز انجام نشده بود. (شکل ۲-۲۴)



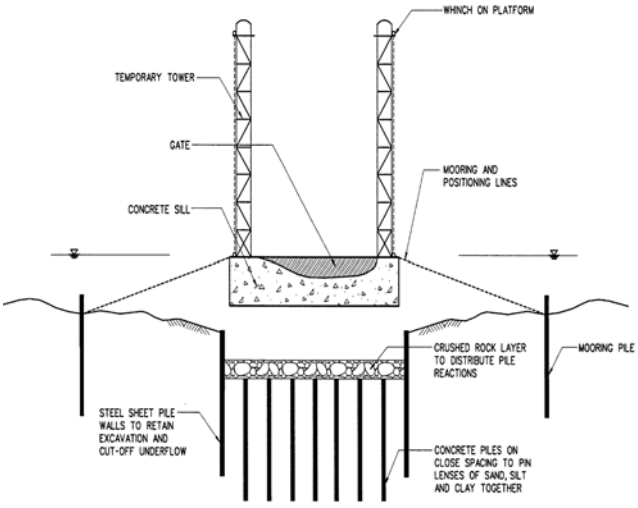
شکل ۲-۲۴ :طرح مانع امواج طوفانی و نیز

با شکل هیدرولیکی برای ورودی دریا طراحی شده و دروازه های سنگین فولادی را حمل می کرد ، اینها ساختارهای بی قاعده ای را که مشکل اساسی در پایداری در طی فروبری ارائه می کرد طراحی کردند. استفاده از تانک‌های بویانسی عمودی کمکی موقتی قابل اجرا به نظر آمد. کنترل موقعیت در هنگام نصب در جریان مداوم آب ، در ابتدا با تجهیزات خط کشی برنامه ریزی می شود. در طرح نشان داده شده نیروهای واژگونی روی قطعات به مرکز دوران آنها اعمال می شود.

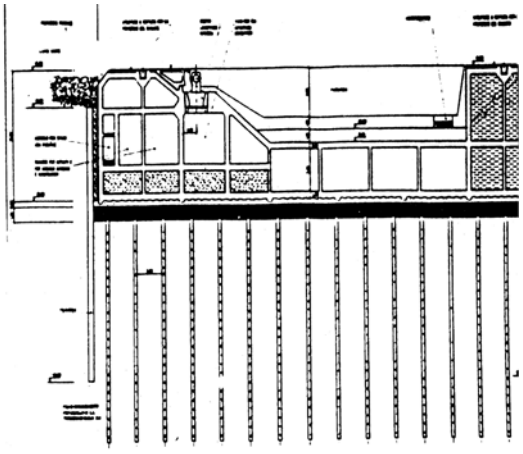
در ابتدا دهانه بوسیله دیواره حائل ورقه ای فولادی در کناره آن محدود می شود، سپس زیر عرشه برای رسیدن به هموار مورد نظر تا حدود ۱ متر لایروبی می شود. خاک رس و شن نمکی به هم متصل خواهند شد و با کوبیده شدن دقیق توسط ستون های بتنی مستحکم شده متراکم می شوند.

قطعات پایه بتنی ستون با دروازه های متصل شده به آنها در روش شرح داده شده برای کانال از پیش ساخته ای که به شدت در آب فرو رفته است، متعادل خواهد شد. (شکل ۲-۲۵) . در ادامه سر ستون ها روی سطوح بتنی پیش ساخته افقی که به درستی هموار شده است نصب می شوند. از این رو قطعه جدید تا موقعی که وزن خالص آن کم شده و بنابراین اصطکاک کم شود واشر GINA بین قطعات فشرده به پهلو می لغزد.

آبگیری ثانویه فضای بین دو بالکهد انتهایی به طور هیدرواستاتیکی پر خواهد شد و بهم فشرده شدن واشر را فراهم می کند (در شکل ۲-۲۶ دیده می شود). یک دیواره ورقه ای فولادی به طرف دریا کوبیده می شود تا از لوله گذاری و جریان یافتن در زیر بستر آن جلوگیری کند. متاسفانه این پروژه با وجود احتیاج داشتن آشکار ونیز به جلوگیری از طغیان پی در پی هنوز به اجرای کامل در نیامده است.



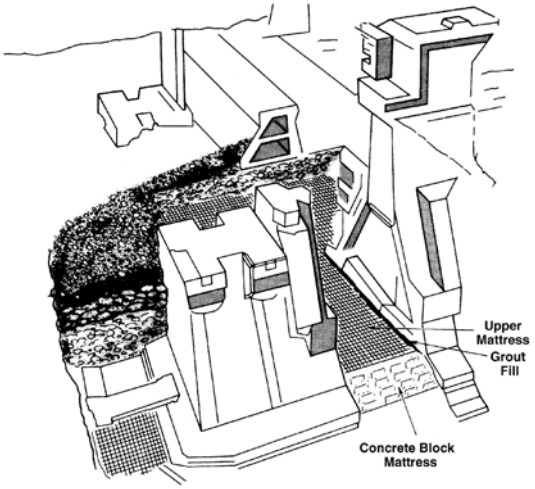
شکل ۲-۲۶: پروسه نصب



شکل ۲-۲۵: برش عرضی مانع امواج طوفانی و نیز

۲-۱-۷-۲ مانع امواج طوفانی «اشتر شیلد»

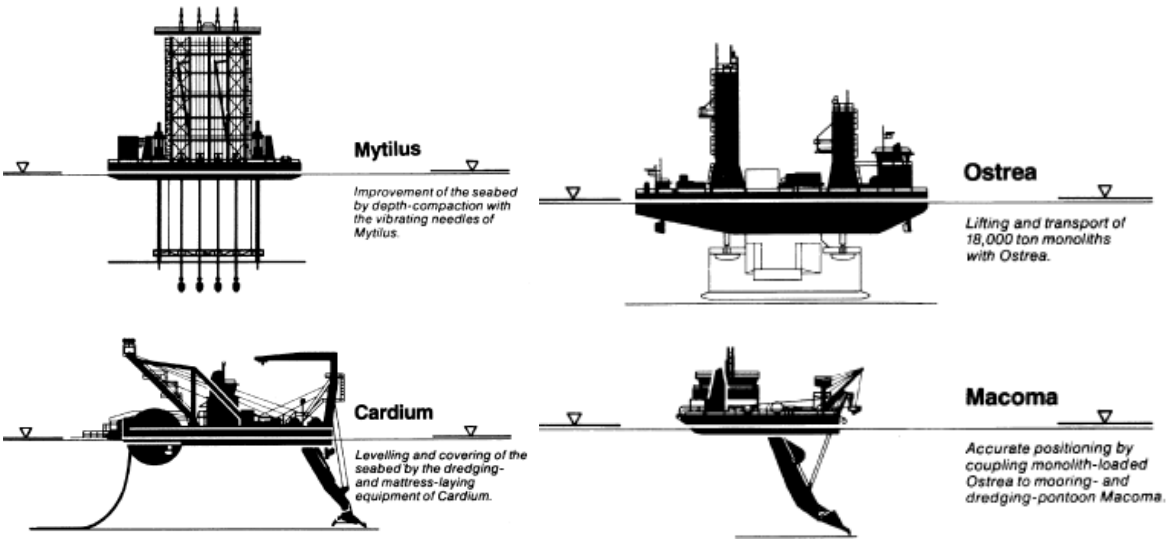
دیواره موج شکن اشتر شیلد عبور کننده از مصب رودخانه «شیلدت» در هلند یک تصمیم اصلی برای موفقیت بزرگ سازه ای و مهندسی فراساحل طبقه بندی می شود (شکل ۲-۲۷ و ۲-۲۸) اگر چه عمق ۲۰ تا ۴۰ متری آب در معرض امواج و بادهای دریای شمال و جریانات جزرو مدی قوی که نیازمند توسعه تکنولوژی جدید برای ساخت سازه های فراساحل می باشد ساخته شده است، اما در پروژه های آینده استفاده خواهد شد.



شکل ۲-۲۷: تصویر ستون دروازه و فونداسیون

شکل ۲-۲۸: مانع امواج طوفانی «اشتر شیلد»

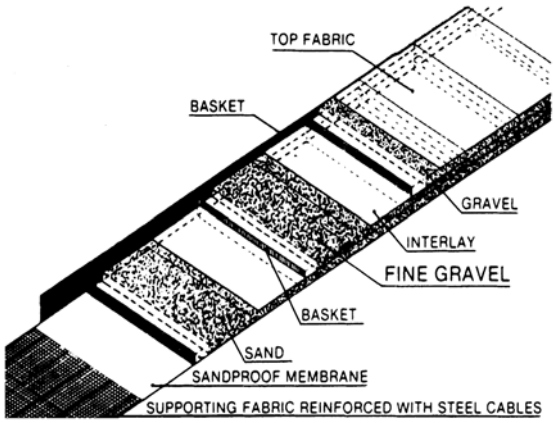
همچنین نکته جالب توجه این پروژه به دلیل ابداعی بودن تخصیص تجهیزات استفاده شده در ساخت بود، (شکل ۲-۲۹) در پروژه ۹۶ پایه دروازه ای بتنی عظیم در ابتدا نصب شده و در یک فونداسیون آماده شده در شن ها در دلتای رودخانه جایگذاری شد. عملیات اولیه فرا ساحل با ساختن در جزیره نزدیک مرکز پروژه جائیکه همه کارهای سازه ای اجرا می شد، آغاز شد. سه آبگیر بزرگ گودبرداری شده ، محصور شده بود و قادر بود تا شمع های بتنی را در خشکی بسازد . بطور همزمان دیواره محافظ شیبدار عریضی به طور صحیح ادامه یافته و به موانع متصل می شوند.

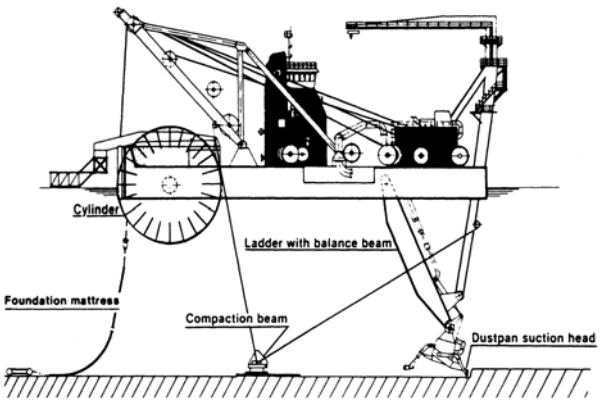


شکل ۲-۲۹: تجهیزات سازه ای فراساحلی ویژه استفاده شده در مانع امواج طوفانی «اشتر شیلد»

در کف آسفالت و سنگ پر کننده، شن و قیر و تشک بتونی قرار داده شده بود. در ضمن در محل دلفین با قطر بزرگ و شمع های قلاب دار (شمع های استوانه ای فولادی) کوبیده شده بودند تا عملیات مهار برای ساختن در حالت شناوری را برآورده کنند . طنابی از شمع های قلاب دار به بویه های مهار متصل می شود. شن های آزادی که در فاصله ۱۰ تا ۲۰ متری بالای فنداسیون زیرین سدها بودند به وسیله نفوذ ارتعاش فشرده شدند.

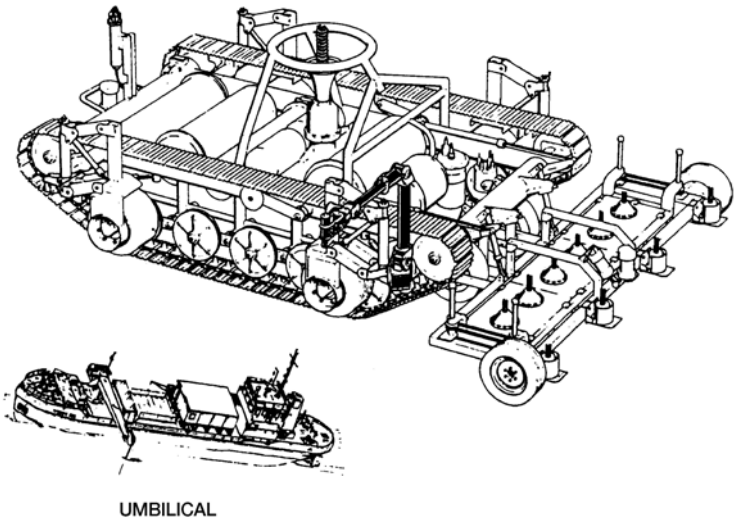
پس از سطح شناسی شن های کف دریا، به وسیله یک لایروب از بین رفته ، سپس لایروب باریکه زمین را فشرده کرد و یک لایه سنگین در نشیمنگاه آن ایجاد می کند. این لایه شامل ساختار geotextile (ژئوتکستایل) مسلح و لایه های سنگ‌های درجه بندی شده بودند که در یک واحد صنعتی در ساحل پیش ساخته شده بودند (شکل ۲-۳۰) و تا زمان لایروبی قلاب در حالت شناوری نگه داشته می شدند(شکل۲-۳۱) سپس یک وسیله بازرسی در مسیر زیر آبی به طور آهسته برروی لایه حرکت کرده تا از این لایه توسط بادید آن مراقبت کند.





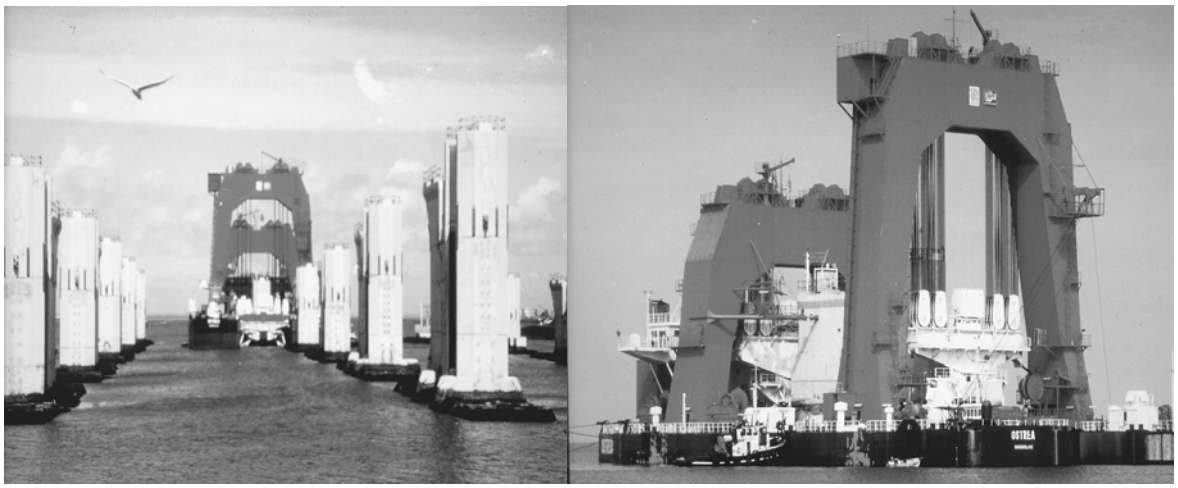
شکل۲-۳۰:ساختار فونداسیون شکل ۲-۳۱:لایروبی،متراکم سازی و جاگذاری ساختار پی

تجهیزات الکتریکی و صوتی به اضافه میله های حساس ارزیابی قادرند یک بررسی خیلی دقیق در هر لایه را انجام دهند (شکل ۲-۳۲). از اطلاعات بدست آمده از لایه ، بلوک سیمانی مناسب تعیین شده ، سپس وقتی آن در زیر لایه کار گذاشته می شد، سطح به اندازه چند سانتیمتر مسطح می شد.



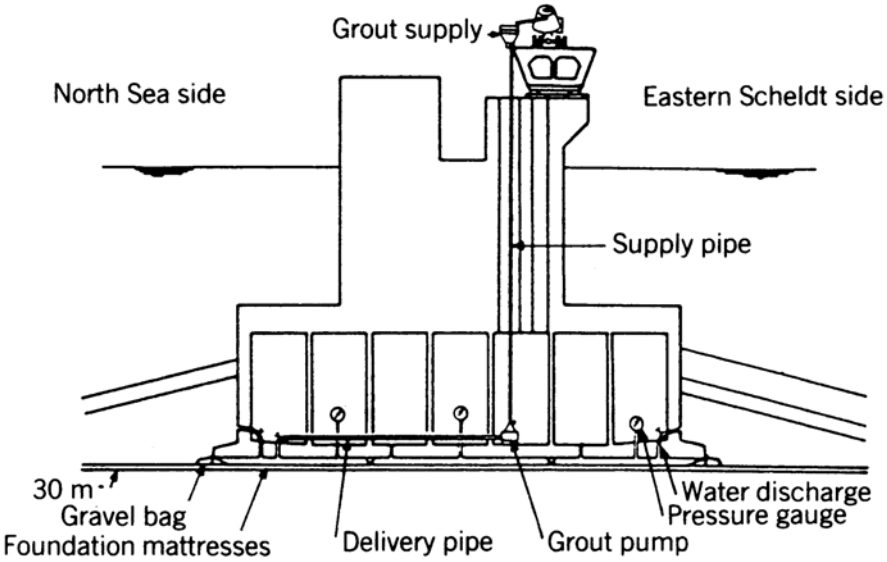
شکل ۲-۳۲: تجهیزات الکتریکی و صوتی برای بررسی لایه های بستر

در ضمن شمع های بتنی به طور کامل در بستر حوضچه قرار داشتند ، در آن هنگام که حوضچه آبگیری شد ، دیوار مانع برداشته شده و یک بارج جرثقیل دار کاتامارانی غول پیکر در بالای شمع حرکت کرده و آن را بلند می کند و به محل نصب انتقال می دهد.(شکل ۲-۳۳)



شکل ۲-۳۳: بارج جرثقیل دار حمل کننده شمع ها

بارج جرثقیل دار به بارج نصب کننده لایه زیرین تا قبل از قرار دادن صحیح شمعها و جایگذاری شمع‌های پایینی کمک می کند. پس از نصب، دوغاب سیمان به زیر بستر پمپ شده و به قسمت درونی شمع در استحکام کمک می کند (شکل ۲-۳۴) . سنگ های بزرگ به سمت پایین حرکت کرده و سطح شیب دار پلکانی ایجاد می کنند تا به وسیله برخورد جریان و بهم فشردن صدمه نبیند. همچنین زیر شمع ها برای ایجاد پایداری با شن و ماسه پرشده اند.



شکل ۲-۳۴: سیستم تزریق در زیر بستر

۲-۲ سازه های ساحلی

کلیات : سازه های ساحلی با منطقهٔ متلاطم موج دار ، جریان های ساحلی محلی و جریان قوی سطحی آب که بعداً آب‌های خروجی را تشکیل می دهند، توصیف می شوند.عمق این مناطق کم بوده و استفاده از تجهیزات شناور سازی در آنها غیرممکن یا حداقل محدود می باشد .

به عنوان نمونه کف آنها در برابر ته نشینی شن و ماسه که ممکن است در فصول طبیعی، در تابستان ساحل شمعکوبی شده تا در زمستان یک آببند ساحلی ایجاد شود ، ناپایدار باشد. در اکثر موارد ، سازه ها در سواحل صخره‌ای شیبدار ساخته می شوند. راه دسترسی به تجهیزات و مواد یکی از مهمترین مسائل می باشد . چوب بست های ستون دار فولادی اغلب در میان منطقهٔ سطحی ساخته می شوند تا راه دسترسی از بالای آب فراهم شود.

خاکبرداری یا ایجاد معبر در شن های ساحلی معمولاً نیاز به ساخت دیواره های ستونی ورقه ای فولادی برای نگهداشتن شن ها در بیرون دارد. شن‌های ساحلی در زیر جریان ساحلی متداول بطور موازی با ساحل حرکت می کنند. وقتی که دیوارهای ستونی ورقه ای بطور عادی در خط ساحلی ساخته شدند، شن ها در پشت آن پر شده و موجب فرسایش در زیر آن می شود. به عنوان نمونه امواج آب‌های سطحی در اطراف آنها برگردانده شده تا امواج را شکسته، کمابیش خط ساحلی معمولی را ایجاد کند. همچنین آنها در یک گذرگاه طبیعی یا مصنوعی، انرژی آن را در دیواره ها متمرکز کرده و امواج را منعکس می کنند .

شن هایی که بطور بی قاعده ته نشین شده و همچنین زیر ضربات امواج کوبیده می شوند، وقتی فشار درونی آنها بالا رود، به حالت روان در می‌آیند بطوریکه ممکن است در منطقهٔ شکست امواج از ویبراتورهای ستونی ورقه ای پیوسته برای کوبیدن آنها استفاده شود .

سنگ های بزرگ و سازه ها قادرند بطور مشابه با تحت فشار قراردادن شن های روان محلی، سبب حرکت دائم آنها شود. البته تمام این کارها در طی طوفان افزایش می یابد .

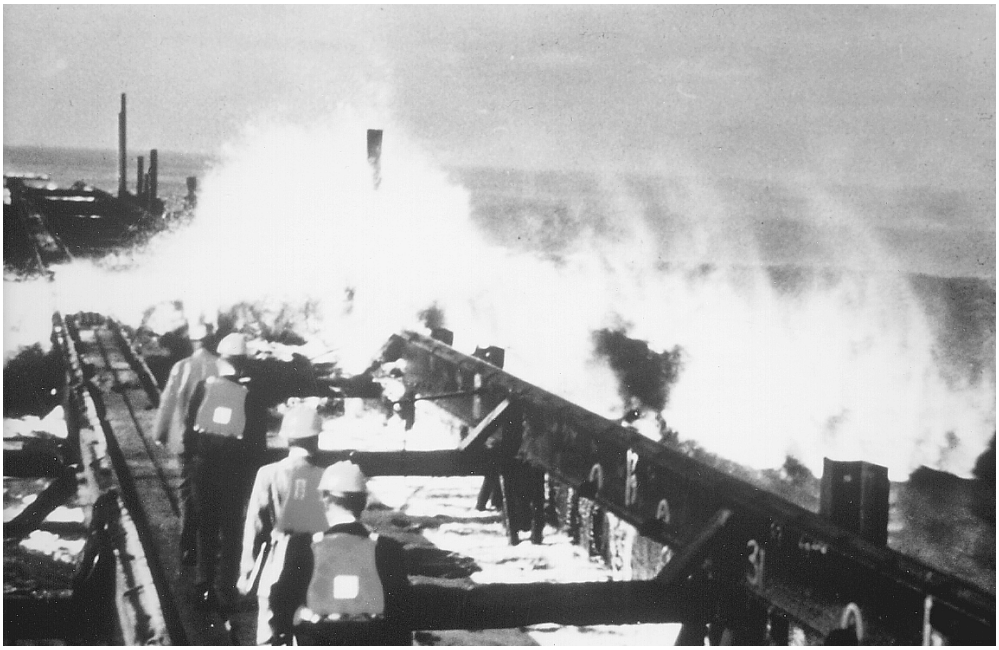
ترمینال های فرا ساحل در آب های محافظت شده ساخته می شوند اما بعضی از آنها در معرض طوفان‌های قوی همراه گردباد هستند. بنابراین آنها را در یک گذرگاه بین سازه های ساحلی و داخل دریا، با نیروهای جانبی موجود طراحی کرده و سازه و مسیر عبور امکان ساخت می یابد. لوله‌کشی ساحلی برای نفت ، گاز و هرزآب های صنعتی معمولاً با قطر کم در حدود کمتر از ۱ متر هستند و معمولاً از فولاد ساخته می شود.

۲-۲-۱ دهانه های خروجی و ورودی اقیانوس ها

معمولاً آنها با قطر بزرگ از لوله‌کشی های بتنی پیش‌تنیده یا فولادی هستند، هر چند در برخی از نمونه‌ها از لوله‌های فایبرگلاس هم استفاده شده است. آنها در یک شیار عمیق در حدود ۱۰ تا ۱۵ متر، جاییکه طوفان امواج را می شکنند کار گذاشته می شود. درآنجا قادرند آنها را در سطح یا در یک شیار نصب کنند. سنگچین حفاظتی در بالای دو طرف خط جزر و مد برای جلوگیری از جابجایی جانبی و همچنین ممکن است در بالاترین سطح نصب شوند تا از صدمه خوردن توسط لنگر کشتی جلوگیری کنند .

درمیان منطقهٔ ساحلی، چوب بست ها و حفره‌های ستون ها بنا می شوند. اگرچه ممکن است آب کم عمق باشد، اما شیار، عمق مؤثر را افزایش می دهد. بنابراین چوب بست‌ها مخصوصاً در سطوح متقاطع به مهاربند تقویتی نیاز دارند. قالب های چوبی پیش ساخته که اغلب استفاه می شوند، با بوش های مفصلی یکپارچه به ستون های چوب بست های کوبیده شده، ثابت می شوند.

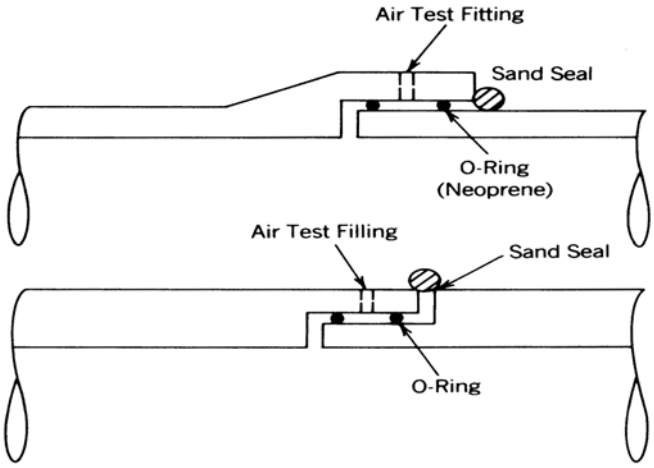
اغلب چوب بست ها در صفحات افقی دیوار، به مهاربند تقویتی احتیاج دارند، تا سازه را مانند شاهیتر جانبی برای مقاومت در برابر نا متعادل بودن نیروهای ناهم فاز امواج رو به پایین در کناره ها آماده کند.شمع‌های ورقه‌ای در شیارهای طولانی در طول هر دیواره کوبیده شده و به چوب بست ها متصل می شوند، تا اینکه هر دو نیروی دورنی و بیرونی موج‌های بلند و حداقل امواج را تحمل کنند. انتهای شیارهای طویل ممکن است با یک دریچهٔ ستونی ورقه ای موقتی برای ممانعت از ایجاد موج بلند درونی که از کارگذاری قطعات لوله جلوگیری می کند، بسته شود. وجود دیواره های ستونی ورقه ای باعث می شود که همهٔ امواج موازی دیوار، درعین حالیکه به سمت کناره ها حرکت می کنند، ناهمفاز شوند(به تصویر ۲-۳۵ نگاه کنید).



شکل ۲-۳۵

وقتیکه چوب بست ها و شیارهای طولانی کامل شدند، قطعات لوله ای با انتهای باز کارگذاشته می شوند. آنها فقط در امتداد موقعیت طراحی خودشان پایین می‌روند، سپس انتهای آنها وارد لبهٔ پهن شدهٔ لوله دیگر می شود .

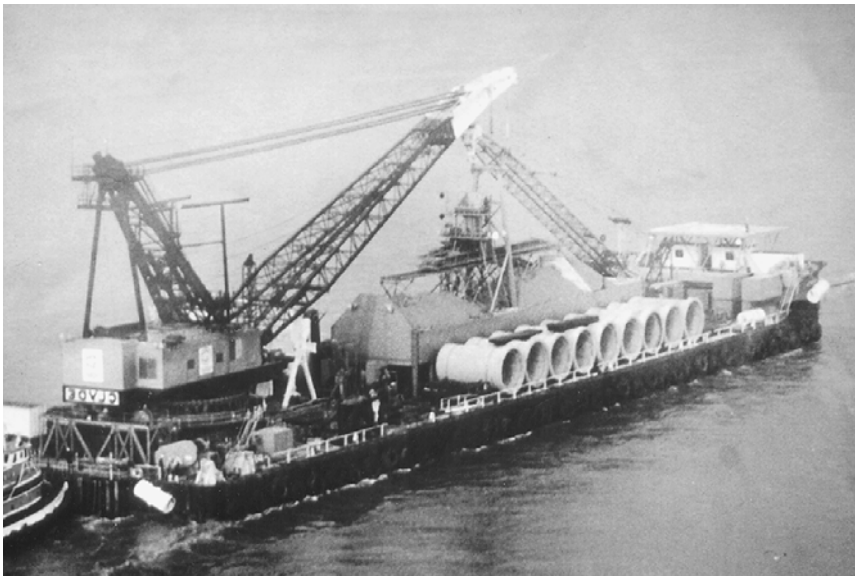
لبهٔ پهن شده و لبه های لوله معمولاً توسط" بل پهن کنندهٔ راهنما" آماده می شوند. تراز سر جلویی لوله اغلب با جایگذاری میزان کمی صخره پیش جایگذاری شده یا به وسیلهٔ کیسه های شنی تنظیم می شود. بعد از دخول لوله در لبهٔ گشاد شده لولهٔ قبلی، لولهٔ جدید باید با فشار به درون لولهٔ قبلی با حفظ فاصلهٔ مناسب به O-ring ها، درگیر شود . استحکام این اتصال ابتدا با نشانه گذاری لوله های جدید برای بدست آوردن اینکه به طورکامل وارد شده و ثانیاً به وسیلهٔ تست فشار هوا در فضای بین واشرO-ring بررسی می شود . (در شکل ۲-۳۶ دیده می شود)



شکل ۲-۳۶: آب بندی اتصالات قطعات لوله ای بتنی

یک بستر باریک یکنواخت در روی محل نصب لوله ها وجود دارد. این می تواند به وسیلهٔ یک قاب و شمشهٔ سوار بر شاهیتر میانی که در مقطع عرضی مناسب نصب شده است، بهتر انجام شود. سنگها توسط یک لولهٔ حمل از یک قیف که به منبع متصل است به سمت پایین حرکت داده می شوند. سپس آنها به وسیلهٔ شمشه های جمع کنندهٔ مواد اضافی در سطح توزیع شده و تسطیح می شوند. در موارد خیلی عمیق(۱۰۰ متر) مثل دهانهٔ خروجی امتداد یافته در " سان دیگو " ، بستر اقیانوس به وسیلهٔ یک آزاد سازی عمودی در روی شاهتیر میانی هموار شده بود، سپس سنگ های اضافی را از کف برداشته تا توسط لوله های انتقال، دهانهٔ خروجی قرار داده شود.

قطعات لوله ها در دریا به وسیلهٔ یک زین شناور یا " horse " که در بستر دریا پشتیبانی می شود جایگذاری می شوند. کنترل هیدرولیکی " هورس " توانایی حرکت دادن قطعات لوله در تمام زوایا و تنظیم کردن آن را دارد. این زین شناور به یک ویدئو تصویری و یک اتاق آسانسور کارگاهی در جایی که غواصان بتوانند بر آن سوار شوند تجهیز شده است. یک بارج جرثقیل دار " زین شناور " را در بالای آب نگه می دارد و آن را روی قطعهٔ لوله ای بعدی جایگذاری می کند. لوله درون "هورس" مهار شده است. حفره کناری هورس توسط سنگ پر می شود. سپس بارج جرثقیل دار پایین رفته و نصب قطعات را در بستر دریا بطورکامل، به جز نصب قطعهٔ آخر لوله را ، انجام می دهد. با استفاده از ویدئو کنترلر توسط غواص، لوله تنظیم شده و درون انتهای پهن شدهٔ لولهٔ قبلی قرار می گیرد.(به شکل ۲-۳۷ نگاه کنید)



شکل ۲- ۳۷ : انتهای پهن شده لوله

اعمال یک نیروی طولی به جهتی که لبهٔ لوله ها قسمت پهن شده نصب شده اند، یک راه حل ابتکاری در نصب یک بالکهد انتهایی (دیوارهٔ عمودی) در قسمت جدید لوله بوده است. این ها آببندی می شوند. یک پمپ کوچک پس از نصب اولیهٔ قطعات لوله فعال می شود، تا اختلاف فشار کمتری را برای اینکه فشار خارجی بیش از حد کوبنده ها، اتصالات را بطورکامل نبندد، ایجاد کند .

سپس غواص ها یا یک ROV مجهز به ویدئو باید شکاف یکنواخت در پیرامون محیط آن را بررسی کند. سنگ ریزه (حداکثر ۵۰mm تا ۷۵ mm) از یک قیف متصل به مخزن در هر کناره تخلیه شده و در زیر با جت یا ویبراتورهای نصب شده به زین شناور (cradle) عملیات تسطیح انجام می شود. اکنون لوله‌ها از چنگک رها می شود. سپس چنگک به روی سطح و به روی عرشهٔ بارج ، روی قطعهٔ لولهٔ بعدی قرار می گیرد. بعد از اینکه لوله کار گذاشته شد و در بستر خود قرار گرفت، سنگریزه های پرکننده در خط حداکثری جزر و مد قرار داده میشوند. در بعضی موارد خاص، لوله ممکن است بطورکامل پوشیده شوند. سپس سنگچین محافظتی برای حفاظت از سنگریزه های پرکننده در برابر فرسایش امواج و لنگر کشتی ها کار گذاشته می‌شوند. سنگریزه ها ممکن است توسط لوله های انتقال مصالح با قطر بزرگ (در حدود ۱ متر) آویزان از یک بارج کارگذاشته شوند، همچنین ممکن است بوسیلهٔ از بالا تخلیه شدن هم جایگذاری شوند. از روش تخلیهٔ از بالا ممکن است در نصب سنگچین محافظتی هم استفاده شود. البته سنگ های بزرگی که از سطح سقوط آزاد می کنند بر اثر ضربه زدن به لوله ها آسیب شدیدی را به آنها وارد می کنند .

درشمال بمبئی هند،یک پیمانکار تلاش به نصب لوله ها بطور مستقیم از یک بارج کاتاماران شناور کرد . این پروسه در درون دریاچه، جائیکه نه باد شدیدی وجود داشت و نه حرکت القاء شده از امواج برای حرکت دادن بارج، به خوبی عملی شد. کاتاماران بالای یک چوب بست محافظتی باریک در ساحل روی آب نگه داشته شده بود، در جائیکه قطعهٔ لوله باید در آنجا قرار می گرفت. کاتاماران یک قطعه لوله را برداشته، به محل نصب برده و آن را تا نزدیک بستر دریا به پایین برد. یک راهنما و یک ریسمان از ساحل، از میان لوله های قبلی کارگذاشته شده امتداد یافته بود و قطعات جدید را به سمت محل اتصال می کشید. اما در آب آزاد این روش بطورکلی عیب دار می باشد. دورهٔ بلند مدت انرژی امواج ناشی از طوفان های دور دست باعث خواهد شد قطعهٔ لوله و بارج حتی وقتی سطح دریا آرام به نظر برسد، نوسان شدید بکند.

در مورد دهانهٔ خروجی بمبئی، اتصالات بطور مکرر بوسیلهٔ ضربه صدمه دیده و سرانجام کارکرد آنها متوقف می شد. مشکل مشابه وقتی قصد جایگذاری مستقیم لوله ها از یک بارج جرثقیل دار داشته نیز رخ می داد. تلاشهای متعددی برای نصب شدن این خطوط قطر بزرگ بوسیلهٔ تجهیزات نوین در طول ساحل یا در یک حوضچهٔ آرامش انجام شد، سپس آنها در محل نصب، شناور شده و بوسیلهٔ یک پانتون سطحی ترکیبی پشتیبانی کننده و متعادل کننده به پایین فرستاده شدند. شکست‌های فاجعه‌آمیز مختلفی رخ داد. جائیکه مخازن بالاست، بدون تقسیم شدن داخلی بودند، آب میل داشت تا به سمت انتهایی مخزن حرکت کرده ، که این کار اثر سطح آزاد مایع خیلی زیادی را ایجاد می کرد. حتی اگر دو انتها کنترل شود، همترازی حفظ نشده، انحرافات از مرکز ممکن است سبب افزایش حرکت خمشی زیاد در مرکز و ایجاد sagging در مخزن آب شود. امواج شکسته شدهٔ آب، تنش های خمشی زیادی را بعلاوهٔ نیروی بالابری هیدرودینامیکی یا پایین آمدن آن را تولید می کنند. سرانجام فشار هیدرواستاتیکی خارجی، با بالاست آب در کف ترکیب شده، ممکن است به بیضی شدن، کمانش محلی و یا حتی متلاشی شدن لوله منجر شود. وقتی از خطوط لولهٔ فایبرگلاس استفاده می شود، آنها معمولاً با انتهای باز نصب می شوند و در زیر به وسیلهٔ حائل های بتنی نصب شده متعادل و همتراز می شوند و تسمه های رشته ای با نرم کننده برای ثابت کردن حائل ها در مکان هایی که آنها به دلیل اصطکاک با فایبرگلاس خراشیده می شوند، استفاده می شود. بطور مشابه بندهای تمسه ای پایین برنده هم باید نرم کنندهٔ ضد اصطکاک داشته باشد .

برخی از لوله های دهانهٔ خروجی به وسیلهٔ یک جک آپ ساخته می شوند که در عمل یک هورس (یا زین) غول پیکر هستند، بنابراین لازم است که کنترل و مراقبت شود. متناوباً ، یک چنکگ اصلاح شده می تواند از جک‌آپ به سمت پایین حرکت کند. اصولاً در یک بارج شناور با قطعات لوله که بین پایه های جک آپ در آبهای آزاد قرار دارد، احتمال خطر وجود دارد؛ چون ممکن است لوله یا بارج بوسیلهٔ برخورد با پایه های جک آپ ضربه خورده، دچار خمشی (انحراف) شود.

مشکل دیگر زمان مورد نیاز برای پایین بردن جک آپ و حرکت دادن آن به سمت جلو پس از نصب یک سری سه یا چهار لوله ای است. همچنین قراردادن خط لولهٔ خروجی در شبکه های زیرآبی پشتیبانی کنندهٔ از لوله ها هم از مشکلات اصلی می باشد (شکل ۲-۳۸).

شکل۲-۳۸ : cradle یا زین برای حمل لوله

در طی طوفان نیروهای بالا برندهٔ ناشی از حرکت چرخشی امواج، به بلندکردن خطوط لوله و امکان هر نوع از جا بیرون آمدن آن یا به علت شکست احتمالی در اثر فرسودگی(خستگی) آن تمایل دارد. بنابراین خطوط لوله نیازمند مهار بند(اتصال) کافی به شمع ها برای جلوگیری از شکسته شدن هستند.

در عملیات نصب، سنگچین های ویژه در اطرافشان جمع می شوند تا از آنها در مقابل لنگرهای کشتی‌ها محافظت کنند. این سنگ چین‌های محافظ برای اجتناب از صدمه زدن لوله ها با دقت خیلی زیاد کار گذاشته می شوند. تیر چوبی پشتیبانی کننده ممکن است به طور موقت نصب شود. معمولاً از یک بیل مکانیکی چنگک دار قابل هدایت توسط ویدئو استفاده می شود.

دهانه‌های خروجی در زیر مناطق سطحی به صورت تونلی ساخته می شوند، چون تا اندازه‌ای به دلیل کاربرد سازه مانند سازه های مناطق دینامیک می باشد، بنابراین مانند همان سازه ها ساخته می شود و تا حدی بدلایل منطقهٔ عملیاتی ، از تعرض و اختلال در نقطهٔ تلاقی با ساحل اجتناب می شود.

در مورد دهانهٔ خروجی بوستون که ۹ مایل در درون اقیانوس امتداد یافته بود ، یک دلیل اضافی برای ایجاد تونل تأمین پایداری خط لوله در آب نسبتاً آرام درطی طوفان بود.در این پروژه قطر ۵۲۱ متری دهانهٔ راهگاه با استفاده از تجهیزات جک آپ و نقشه برداری با کیفیت سوراخ شده، چار چوب گذاری و کامل شده بود .

در مورد دهانهٔ خروجی خلیج جنوبی در مرز بین آمریکا و مکزیک با تونل ۵۰۰۰ متری در زیر آب امتداد یافت. تا جایی که تونل سازی ادامه یافته بود، یک راهگاه محوری از یک سکوی فولادی اولیه نصب شده در عمق ۳۰ متری آب ساخته شده بود. پس از گود برداری، حفرهٔ ایجاد شده با رسوب ۱۰متری، یک دیوارهٔ ۴/۵ متری ضخیم (۵۰ تا ۶۰ میلی متر) به عنوان جدار نصب شده و کوبیده شده و در ۴۵ متر سوراخ شده بود تا گودبرداری از درون لایه های متراکم سنگ ریزه انجام شود. هر چند کار اصلی به وسیلهٔ دستگاه پاکسازی با هوای فشرده جهت زدودن سنگریزه‌ها انجام می شود و غواصان قلوه سنگ ها را توسط دست برمی دارند،آنها معتقدند که تفکیک و جدا سازی سنگها می‌تواند به طور مؤثری توسط بیل‌حفاری‌چکش‌دار انجام شود.

چکش ها در تئوری، انرژی در حدود ۲۷۰/۰۰۰ kg-^{m} (۱/۹۰۰/۰۰۰ ft-Lb) در هر ضربه ایجاد می‌کند، که به سبب اصطکاک و لنگی ضربه حدود ٪ ۴۰ کاهش می یابد . اکنون یک روکش بر روی تمام سطح حفرهٔ سوراخ شده جایگذاری شده و در حدود۹ متر بالای سر آن سوراخکاری می‌شود و برای روکش از دوغاب بنتونیت استفاده می‌کنند.

سپس با یک دستگاه پهن کننده، لوله با قطر ۶ متر را پهن کرده، سپس این مجرا بوسیلهٔ مخلوط بتن مصالح درشت دانهٔ ۱۰mmپرشده، برای داشتن حداقل استحکام MPa ۷ تا ۲۸ روز و حداکثر MPa ۱۰ یا MP ۱۴ در۹۰ روز طراحی می شوند. این محدودیت حد بالا یک خصوصیت دشوار را ایجاد می کند، اما سرانجام با استفاده از یک ترکیب شامل سیمان کمتر، خاکستر بادی و پودر سنگ‌آهک مناسب می شود.

دهانه های ورودی آب دریا در موقعیت های ساحلی ساخته می شوند تا آب سرد را برای نیروگاهها، تجهیزات صنعتی وپاک کردن آب دریا برای آبزی پروری فراهم کند. آنها طوری طراحی می شوند تا میزان ورودی شن، جلبک های دریایی و سایر موجودات آبزی را به حداقل برسانند . برای این هدف معمولاً یک دریچهٔ کنترل سرعت در بالای دهانهٔ ورودی نصب می شود تا نرخ جریان ورودی را کاهش دهد .خطوط لولهٔ ورودی معمولاً در منطقهٔ سطحی و در عمق ۵ تا۲۰ متری، جائیکه سازهٔ دهانهٔ ورودی در محل مناسب قرار گیرد نصب می‌گردد. مهارت ساخت آن شبیه دهانه های خروجی می باشد. چون سرعت جریان معمولاً زیاد است، اتصالات باید به طور محکم درزگیری شوند تا از مکش شن جلوگیری کنند. برای مکان هایی که شیب ساحل در آن کم است، روش اضافه کردن چوب بست و ستون ورقه ای که برای سازهٔ دهانهٔ خروجی شرح داده شده می تواند انجام گیرد، همچنین نصب یک صخرهٔ موقتی کرانه دار ممکن است انجام شود. اگر بستر نزدیک سطح ثابت باشد مانند خاک رس مرطوب یا اگر غیرثابت باشد با استفاده از دیواره‌ی حائل ستونی ورقه ای فولادی، یک آبگیر در انتهای بیرونی ساخته می شود. سپس سازهٔ دهانهٔ ورودی با مراقبت ویژه در محل، در هر دو وضعیت افقی و عمودی تنظیم شده و نصب می شود بعد از آن، مسیر حرکت و سطح مقطع خط لوله تعیین خواهد شد. دهانهٔ ورودی و دریچهٔ سرعتی باید تحت نیروهای بالابرندهٔ جریان چرخشی و فشار درونی شکست امواج طوفانی یا نزدیک منطقهٔ شکست، پایدار باشند. این ممکن است مستلزم افزایش وزن یا نگه داشتن ستونها یا لنگر شدن آنها به زمین باشد .

اتصالات باید برای مقاومت خستگی به دلیل تکرار سیکل امواج طراحی می شوند. سپس شیار طویل برای خط لوله در طول کرانهٔ دریا یا در داخل آن ساخته شده، شمع های چوبی، بطور تدریجی قطعات لوله را نصب‌کرده ، آنها را پوشش داده و صخره های اضافی را از محل بر دارند. ستون‌های ورقه‌ای فولادی یا یک شیار جعبه‌ای ممکن است بطورموقت برای نگه داشتن کناره های شیار استفاده شوند. از بین بردن شن یا لجن هایی که به طرف شیارها نشست می کنند، می تواند با استفاده از یک پمپ هم زن شنی حجم بالا مثل چیزی که در شکل۲-۳۹ نشان داده شده است مؤثر واقع شود.

شکل ۲-۳۹: پمپ همزن شنی حجم بالا

معمولاً غواصان به کمک شدن در ساخت و بررسی اتصالات نیاز دارند . آنها باید از نوسان شدید امواج برگشتی در آبهای کم عمق محافظت شوند. ممکن است به استفاده از لباسهای سخت و یک رشته سیم محکم بلند یا پشتیبانی در یک قفس نیاز داشته باشند .

دهانه های ورودی گاهی اوقات در روی سواحل صخره ای شیب دار ساخته می‌شوند. شیار لوله‌گذاری درون صخره بوسیلهٔ سوراخکاری و انفجار گودبرداری می‌شود. بعد از آن خط لوله نصب شده، سنگچین‌های محافظتی، لوله های حمل بتن یا بسته های پرکنندهٔ دوغاب سیمان قادر است به طور معین شیارها را پر کنند .

بتن زیرآب می تواند با افزودن فوم سیلیکا به مخلوط مستحکم شود. بنابراین نشست کاهش یافته و به آن اجازه داده می شود تا در یک سراشیبی قرار گیرد. اما یک نشست مینمم در حدود ۱۰۰ میلی متر معمولاً برای بدست آوردن سیلان مناسب نیاز می باشد. بنابراین بتن زیرآب نمی تواند با یک سطح شیب دار بیشتر از حدود ۱ متر الی ۴ یا ۵ متر قرار گیرد .

سازهٔ دهانهٔ ورودی ، دریچهٔ سرعتی و کانال دایره‌ای معمولاً بوسیلهٔ یک بارج جرثقیل‌دار مهار شده با لنگرهای گیره‌ای سنگین، نصب می شوند. بررسی و ارزیابی شیار لوله‌گذاری باتصویربرداری صوتی با پهنای باند وسیع که در حالت گل‌آلودگی آب هم قابل استفاده است می تواند بهتر انجام شود. پمپ های هم زنندهٔ شن به خوبی جت‌ها برای زدودن گل ولای، البته فقط پیش از نصب یک قطعه، می‌توانند استفاده شوند. نصب از ساحل به سوی دریا ممکن است نیازمند گیره (بست) برای هر قطعه باشد تا اینکه بتوان آن را به خوبی جاسازی کرد. اما این‌ها به تلرانس بیشتر برای همترازی اجازه می دهد. نصب سازهٔ دهانهٔ ورودی در ابتدا و سپس نصب تجهیزات ناحیهٔ ساحلی با ارزیابی خیلی دقیق، پروفایل مناسب را فراهم کرده و هم ترازی در موقعیت طراحی شده را ارائه می دهد. دهانهٔ ورودی با حدود قطر بیش از ۱۵۰۰ میلیمتر می تواند بوسیلهٔ حفاری مستقیم ساخته شود .

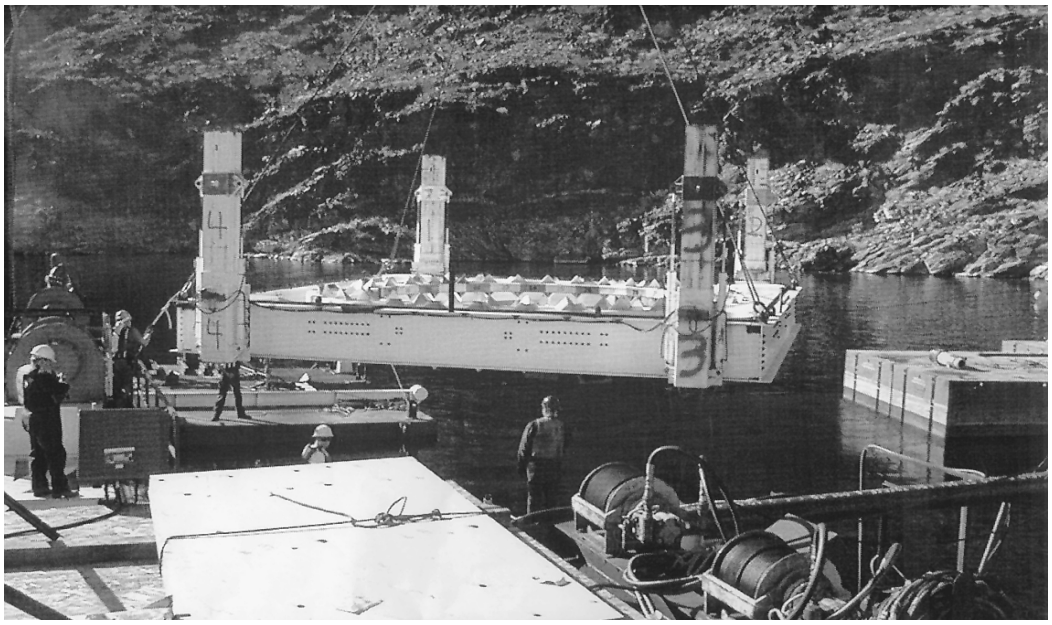
در مناطقی که نه امواج آرام و نه امواج شدید وجود داشته باشد، به عنوان مثال در یک دریاچه یا مخزن ذخیرهٔ آب موجود، نصب لوله ها برای دهانهٔ ورودی یا دهانهٔ خروجی تابع جابجایی بارج نصب‌کننده نیست . سپس یک کاتاماران یا بارج جرثقیل دار ممکن است در عمق آب کافی برای شناوری استفاده شوند . قطعهٔ لوله ای جدید ممکن است کار گذاشته شده و اتصالات مصنوعی با استفاده از راهنمایی های اتوماتیک در موقعیت مناسبشان نصب شوند. در مقابل برخی از ضربات باقی مانده، برخی از پرکننده ها مثل صفحات نئوپرن باید به کار رود .

هنگامیکه یک قسمت جدید نصب گردد، اغلب اتصالات تحت فشار ضربه یا قبل از نصب لوله صدمه می بینند. پس از آنکه امواج با دورهٔ تناوب بلند در دهانه های ورودی عمیق امتداد یافتند، حرکت نوسانی ضربه ای سبب سختی و به مخاطره انداختن هر غواصی که در نزدیکی آن اتصالات، مشغول به کار هستند خواهند شد .

در مورد دهانهٔ ورودی موجود در دریاچه‌ها و مخازن آبگیری، راهکار ممکن است شامل یک ستون عمودی باشد که بوسیلهٔ تونل قطع می شود. برخی از مشکلات سازه ها ممکن است با یک راهگاه محوری متصل به خط لولهٔ دهانهٔ خروجی ایجاد شود. ستون ممکن است نیاز به ساخته شدن درآب عمیق را داشته‌باشد. این حالت در دریاچهٔ « مدا » نوادا در جنوب آبگیر نوادای شمالی شروع به ساخت شده، در عمق ۶۰ متری شروع شد و در مسیر حدود ۳۰ متری درون صخره های گرانیتی به سمت پایین امتداد یافت در این مورد ، از متهٔ سوراخ کننده استفاده شد. سپس بستردریا تسطیح شده، یک قاب فولادی بزرگ که ۴ حفرهٔ درونی راهنمای ستون در آن ایجاد شده بود نصب شده که قادر بود آنها را در درون سطح همتراز به طور صحیح ثابت کند. سپس یک قالب چوبی بر روی قاب نصب گردید. یک متهٔ سوراخ‌کن در میان پوشش قرارگرفت که پی در پی قالب ها را درون حفره ها قرار داده، مته ها به دقت فاصله های حفره ها را بطور کامل در منطقهٔ ستون ایجاد می نمود و مواد شکسته شده بوسیلهٔ ایرلیفت خاکبرداری شدند . شکل ۲-۴۰ را ببینید.

موقعیت یابی مته در هر حفرهٔ متوالی به وسیلهٔ ROV مجهز به عکاسی ویدئویی در اتاق کنترل درون بارج کنترل می شود . صخره های دورن شکاف ها بین حفره ها معمولاً بدون عملیات اضافی قابل جدا سازی هستند. هر چند اگر باریکه ای باقی بماند، یک بیل مکانیکی (بیل حفاری دندانه دار) استفاده خواهد شد. وقتی حفرهٔ ستون ها در عمق نهایی گودبرداری شد، روکش فولادی دائمی با یک گنبدی موقتی روی نوک آن ، در میان موقعیتش بوسیلهٔ تعادل سازی تدریجی با آب نصب می شود .

به روی پایه نشاندن بوسیلهٔ غرقه سازی آن، تنش خمشی زیاد همچنین تنش ناشی از فشار هیدرواستاتیکی را ایجاد می کند که در این مرحله باید از به وجودآمدن کمانش مجدد جلوگیری شود. سپس روکش به دیواره های حفرهٔ ستون ها بوسیلهٔ تزریق سیمان در اطراف بالای آن متصل می شود. وقتیکه سخت شد، فضای بین دو حلقه بتدریج با قرارگیری دوغاب سیمان در میان لوله هایی که به بیرون روکش جوش داده شده است (متصل شده است) پر شده و در یک ارتفاع معین خاتمه می یابد .



شکل۲-۴۰: قاب برای قالب حفاری

۲-۲-۲ موج شکن

کلیات : مدل های مختلفی برای سازه های موج شکن وابسته به اقلیم امواج ، شیب ساحل و عمق موقعیت مطلوب موج‌شکن و میزان دردسترس بودن و هزینهٔ مواد وجود دارد. اکثر انواع رایج موج‌شکن‌های تپه های صخره ای ، موج شکن های قطعات سیمانی یا ترکیبی از این دو نوع هستند. هر چند موج‌شکن هایی هم هستند که در موقعیتهای آب وهوایی سخت ساخته می شوند. طراحی موج‌شکن‌ها بطور شدیدی پیچیده و پیشرفته هستند، بنابراین فهمیدن برهم کنش هیدرودینامیکی امواج با سازه و کف شیبدار خیلی مهم می باشد .

تجربهٔاندوخته‌شدهٔ سازنده، این مفهوم را می‌رساند که موقعیت‌یابی و قراردادن آن مخصوصاً در محیط‌هایی که معمولاً امواج شکسته شده یا دارای شیب زیاد هستند، خیلی مهم می باشد. به طور همزمان ، پیشرفت های مهمی در روشهای کنترل و بررسی (تحقیق) بوجود آمده است .

بارج های جرثقیل دار بزرگتر با پایداری بیشتر و نیروی کششی افزون‌تر ساخته شدند. سیستم های مهار با افزایش ظرفیت نگهداری برای خطوط مهار دردسترس می باشد. بیل های مکانیکی دندانه‌دار اکنون می‌توانند با وضعیت الکترونیکی نمایشگر به GPS یا DGPS متصل شوند و اپراتور آنها را در اتاق کاربری بازخوانی کند. پروفیل های صوتی می توانند زمان واقعی تقاطع دو بعدی را ارائه داده ، به طور اتوماتیک دوران طولی، چرخش عمودی و نوسانات جزر و مدی را تصحیح کرده، با نقشه‌برداری‌های هوایی می تواند عکس های سه بعدی مناسبی از بخش های آب را ارائه دهد .

۲-۲-۲-۱ موج شکن صخره ای (Rubble mound breakwater)

آنها معمولاً با یک هستهٔ سنگی ساخته می‌شوند که توسط یک یا دو لایهٔ صخره های بزرگ تر که با دقت اندازه‌گیری شده اند پوشش داده می شوند تا از شسته شدن سنگ ریزه های هسته جلوگیری کنند. در بالا و کناره های دریا هم سنگچین های حفاظتی یا واحدهای بتنی تقویت شده نصب می شوند.

در انتخاب صخره های بزرگ برای تولید تکه های کوچک سنگ باید به مقاومت سایشی و دوام آنها دقت کافی شود،تا خواسته‌هایمان را ارائه دهد. صخره هایی با اندازه های مختلفی نیاز خواهد بود.بحرانی ترین حالت در صخره های محافظ خواهد بود. طرح و توسعهٔ انفجاری برای تکه صخره ها باید بتوانند نرخ مناسبی را در اندازه های مختلف ارائه کند. این روش ها باید شامل روش های موقتی باشد تا بتواند طبقه بندی حمل مواد و منطقهٔ انباشت صخره ها را به طور مؤثر انجام داد .

انفجار معمولاً در فضای وسیع، حفره‌هایی با قطر بزرگ انجام شده و از پودرهای سبک مثل نیترات‌آمونیوم استفاده می شود زیرا تکه هایی خاص بزرگ را برای سنگ های محافظ تولید میکند. صخره های دیگر از میان تورهایی که تفکیک کنندهٔ صخره های کلاس B هستند عبور داده شده که اندازهٔ آنها بزرگتر است. الک کردن ثانویه در طی بارگذاری می‌تواند صخره های ناخواستهٔ قرار گرفته در هستهٔ سنگی را از بین ببرد. صخره ها تمایل به شکستن در طول ترک های قبلی را دارند. بازررسی سطح انباشت صخره ها نشان خواهد داد که آیا سنگ ها به شکل دایره ای قطعات بتنی و به طور صحیح خرد شده اند. معمولاً ساییدگی(فرسایش) به وسیلهٔ تست تردی (تست تورق) لس‌آنجلس تعیین می گردد. جابجایی صخره ها در انباشت ها معمولاً توسط لودر انجام می شود، هر چند یک جرثقیل هم ممکن است برای تفکیک و توده کردن صخره های محافظ استفاده شود. باید در جابجایی و بارگیری صخره های درشت مراقبت ویژه ای برای جلوگیری از شکست بیش از حد لبه ها و گوشه ها انجام شود .

حمل ونقل صخره ها بوسیلهٔ بارج یا واگن(کامیون یا قطار) انجام می گیرد. وقتی از یک بارج استفاده می شود، عرشهٔ آن بوسیلهٔ تیرهای چوبی محافظت می‌شود. در جاهایی که هسته روی یک بستر شنی قرار می گیرد، ابتدا باید مقداری سنگ ریزه یا یک پوشش سنگی ایجاد شود تا از حرکت به سمت بالای شن ها در شکاف بین سنگ ها جلوگیری نماید. در طی طوفان ها فشار درونی(فشار منفذی)اضافی در شن های در زیر قرارگرفته ایجاد شده، باعث روان سازی محلی شن ها می شود، در نتیجه اگر یک فیلتر مناسب نصب نشده باشد ، موج شکن پوشیده شده به سمت شن ها حرکت می کند.

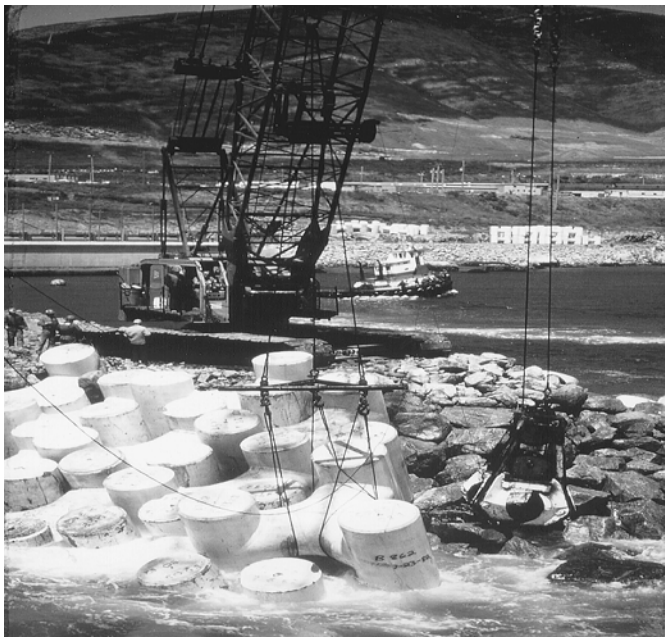
پوشش سنگریزه ای کف (Filte Fabric) یک پیشنهاد خوب برای سنگ‌هاست، اما نیازمند تجهیزات ویژه ای می باشد تا آن را نصب کرده و به طورموقتی در آن محل نگه داشت. آنها می توانند با قاب های بزرگ فولادی که در موقعیت نگه داشته شده، ثابت شوند یا همچنین می توانند در بالای آن یک لایه با بلوک های بتنی مفصلی به هم پیوسته شده ساخته شود. این عمل دوم در هلند انجام شد که آنها ابتدا لایه را روی غلطک ها فولادی شناور بزرگ گذاشته، سپس آن را روی سطح دریا باز کرده و آب اندازی کردند. هستهٔ مرکزی ممکن است بوسیلهٔ بارج با مخزن نگهدارندهٔکناری یا مخزن نگهدارندهٔ درکف جایگذاری شود. اما صخره های کوچک گرایش دارند تا از پهلو لغزیده و از هم جدا شوند ، اما سنگ های بزرگتر به طور مستقیم به پایین می روند و در موقعیت قرار می گیرند.

اغلب طرح ها ایجاب می کند که لایه های نسبتاً نازک به تدریج با سنگ های بزرگتر ایجاد شوند. در برخی از نواحی امواج، کنترل مناسب جدایش لایه های مختلف، همیشه به‌تدریج امکان پذیر می باشد. مخلوط سازی اولیهٔ دو لایهٔ مختلف ممکن است با موافقت مهندسی انجام شود، سپس لایه ها تمایل دارندکه به طور خود به خودی از سطح داخلی نرم به سمت بیرون سخت درجه بندی(طبقه بندی) شوند تا اینکه مخلوطی درجه بندی شده در سر تاسر یک لوله یا زیر بستر دریا توسط بیل مکانیکی قرارگیرد.

لایهٔ بعدی معمولاً به صخره های کلاس B منسوب بوده، اندازهٔ حداکثر ۴۰۰ میلی متری قادر است بهترین جایگذاری را توسط یک پرتاب کننده (skip) یا یک بیل مکانیکی بزرگ استفاده شده ، ارائه کند. سرانجام صخره‌های بزرگتر توسط بیل مکانیکی یک جرثقیل جایگذاری می شوند(در شکل۲-۴۱و۲-۴۲ دیده شود).

شکل ۲-۴۱ و ۲-۴۲ : قراردادن صخره های کلاس B در موج شکن

این واحدهای محافظ، در مقابل چرخش محوری و جابجایی توسط امواج به طور پایدار طراحی شده اند و در اکثر مواقع شکاف هایی را ایجاد می کنند که انرژی امواج را پخش می کند. (شکل۲-۴۳)



شکل۲-۴۳ : واحد های محافظ پیش ساخته

یک بررسی بزرگ آزمایشی- پژوهشی در دو لابراتور و حوزهٔ آزمایش انجام شده است. در نتیجه قسمت مقررات مهندسی بیش از ۴۰ ترکیب مختلف را ثبت نمودند. در سال‌های اخیر اکثر توجهات به طور مستقیم به طرف کارایی واقعی در طوفان های سخت متمرکز شده است. نتیجه گیری شده که تعدادی از این اشکال پیچیده تمایل به خرد شدن در میان قطعات بزرگ را داشته، سپس باقیماندهٔ واحد ها را پی در پی خرد می کنند .

این مشخص شده بود که اکثر ترک خوردگی ها در طی ریخته گری مواد اولیه به علت کرنش دمایی و محددویت شکل پذیری ایجاد می شود. در نتیجه، ترکیبات فولادی، طراحی مجدد شدند تا با انقباض آنها در طی عمل‌آوری فولاد مطابقت ایجاد شود. بیشتر تست ها و نصب های واقعی با استفاده از فولادهای تقویت شده انجام می‌شود. آنها برای فشردن شکاف ها برای بستن آنها و نگهداری پایه های بدنهٔ واحدها به کار می روند، اما به طورکامل مشکل را حل نمی کنند .

مرحلهٔ بعد، استفاده از سربارهٔ سیمان و خاکستر بادی است که کاهندهٔ دمای هیدراسیون،پیش خنک ساز مخلوط بتن و عایق‌کاری قالب های فولادی و خود واحدها در طی دورهٔ عمل آوری بتن می باشد. بدلیل ضخامت عضوها، انقباض بتن یک مشکل کوچک می باشد که می تواند به طور مناسب بوسیلهٔ مراقبت از پوسته‌ی رویی بتن کنترل شود .

در طی بتن ریزی واحدهای ساخته شده از فولاد تقویت شده، تمایل جابجایی به طرف بالا یعنی شناوری در محل قرار گیری و لرزش وجود دارد. بلوک های سیمانی باید توسط میله‌گرد به طور مناسب در محل قرارگیری به دو روش یا از وزن خودش یا از خنثی کردن نیروهای بالا برنده توسط وزنه نگه داشته شوند .

همچنین نوارهای فولادی که استفاده می شوند، مقاومت کششی را در بتن با نتایج به نسبت خوب بهبود می بخشند. بنابراین اندازهٔ نوارهای مورد نیاز هزینه ها را خیلی افزایش می دهد. درنتیجه این مشکلات مهندسان هلندی به استفادهٔ از منشور مستطیل القاعدهٔ محکم که وزن هر کدامشان ۱ KN (۱۰۰Ton) بود، روی آورند. واحدهای بتنی محافظ با تسمه های اتصالی نصب می شوند بنابراین واحد ها قادرند نصب شده و با طرز کار دقیق از پایین تا انتهای بالایی قرار گیرند. معمولاً یک یا دو قطعه از آنها در هر لایه قرار می‌گیرند . تسمه های اتصالی به طورآزاد وصل می‌شوند تا بتوانند از طرف بالا بلغزند. یک خط منفرد تسمهٔ اتصالی در لنگر صخره های سوراخ شده با یک زنجیر مهار استفاده شده است تا موقعیت یابی چشمی از بالای آب کنترل شود.

وقتی کارگذاشتن تجهیزات شناور انجام شد، یک بارج جرثقیل دار بزرگ در انتهای کار قرار داده می شود تا اندکی از امواج را نگه داشته و خطرپذیری عملیات بتن ریزی را کاهش دهد . در شکل۲-۴۴ سه نوع از تجهیزات ساخت موج شکن دیده می شود .

شکل ۲-۴۴ : جک آپ، بارج جرثقیل دار و جرثقیل ثابت

سیستم کنترل نقشه برداری موج شکن های صخره ای، اشکالات اصلی را که به علت وجود نقاط بحرانی در زیر ناحیهٔ شکاف ها و بازتاب امواج هست، ارائه می‌کند. نمودارهای عرضی می‌توانند مشکلات اساسی موج شکن های را بوسیلهٔ سونارهای اسکن‌کنندهٔ کناری و منحنی های زیر آب به تفضیل بیان کند. عکاسی هوایی می تواند نقشهٔ برجسته ای از بخش های بالای آب را ارائه کند. یک موج شکن خیلی کوچک، می تواند از اکثر وسایل فوق استفاده کند.

خطوط در نقشه های طولی بوسیلهٔ تئودولیت(زاویه سنج مهندسی) معمولی مشخص می شود. اگر دریا آرام باشد، آنگاه با یک قایق می توان از ژرفاسنج یا سونار استفاده کرد. برای موج شکن هایی که باید در آب آرام یا در منطقهٔ جزر و مدی که تجهیزات شناور نمی تواند در آن کار کننده ساخته شود، وسایل روی یک داربست در دسترس بوده یا در روی یک هستهٔ با مقطع عریض کار می کنند .

فراهم کردن عرض کافی برای جرثقیل ها در روی آنها اغلب نیازمند اضافه کردن مصالح در موج‌شکن ها هستند، نه فقط در هستهٔ سنگی، بلکه همچنین در سایر لایه های پوشانندهٔ روی آن صخره ها و سنگ های هسته که به وسیلهٔ واگن های بزرگ بر روی هسته حمل می شوند.

وقتی چوب بست به کار برده می شود، جرثقیل قادر است بر روی یک ارابهٔ فرود ریلی نصب شده و بوسیلهٔ آن سنگ ها را جابجا نماید.(به شکل۲-۴۵ نگاه کنید) اکثر اوقات پوشش‌های بتنی در روی موج شکن ها ساخته می شوند. آنها باید حفره های مناسبی داشته باشد. در غیر اینصورت اثر فشار هیدرولیکی ناشی از ورود امواج به درون شیارهای پایین به دلیل فشار داخلی زیاد در زیر پوشش‌ها ایجاد خواهد شد، بطوریکه نصب شدن موج شکن برای دهانه های ورودی آب سرد نیروگاه اتمی «دیابلو کانیون» در جنوب کالیفرنیا انجام نشد. مشابه آن، شیارهای در بالای آب در لایه های بیرونی اغلب با سنگ های کوچکتر، دوغاب سیمانی یا بتنی درزگیری می شوند.

شکل ۲-۴۵ : ارابه فرود ریلی در حال انتقال قطعات

سوراخ خلاص فشار باید به اندازهٔ کافی باز باشند، در غیر اینصورت آنها خودشان را در طی یک طوفان با شکستن سنگ‌های مجاور باز خواهند نمود. برای قراردادن دوغاب سیمان یا بتن در منطقهٔ جزر و مد، مخلوط فوم سیلیکا دو قابلیت ضد تفکیک پذیری و سفت شدن را ارائه کرده، که این ها باعث افزایش چسبندگی سیمان می شوند. مخلوط ضد شستشو توسط آب از تفکیک شدن آن ممانعت می کند، اما کارگذاری طولانی مدت ممکن است منجر به شسته شدن آن شود .

لبه های خارجی و قسمتهای خم شدهٔ بدون محافظ در موج شکن ها در معرض بیشترین صدمات بوسیلهٔ تمرکز امواج قرار دارند ، اما بوسیلهٔ جریانات تحریک شدهٔ امواج بدتر هم می شوند. معمولاً محافظ های اضافی و یک سطح متقاطع کلفت تر در این موارد اتخاذ می شود.

پایداری خاص صخره‌ها در موج‌شکن‌ها تابعی است از چگالی نسبی و با مکعب وزن زیر آب(شناوری) متناسب است . بنابراین صخره های کف با هر واحد به وزن $۳۱۰۰\ kg/m^3$ ($۱۹۵\ Lb/Ca.ft$) حدود دوبرابر پایدارتر از صخره های سیلیکونی معمولی با هر واحد به وزن $۲۶۰۰\ kg/m^3$($۱۶۵\ Lb/Ca.ft$) است.

۲-۲-۲-۲ موج شکن مدل جعبه ای (caisson)

قالب های بتنی به طور مکرر در روی بستر سنگی آماده شده نصب می شوند. انواع بخش ها ، با سطح مقطع مستطیلی ، طول۲۰ تا ۶۰ متر در تأسیسات ساخت تولید شده، به آب انداخته شده یا برداشته شده ، حمل شده و در اکثر حالات به روشی که در قبل برای شمع های پل ها (بخش ۲-۱-۳) و لوله های زیر آب(۲-۱-۶) تشریح شد، نصب می شوند.

در نصب باید مراقبت لازم اتخاذ شود تا پشتیبانی موقتی از مکانهای طراحی شده بدست آید. یک قالب بتن برای محافظت کننده های جعبه ای Tarsiut ، جزیره ای در دریای Beaufort به طور غیرعمدی با یک برآمدگی بزرگ در محل استقرار آن ، به علت یک خطای نقشه برداری موجود بود. این به ممان منفی و ترک ناشی از برش منتج شد که خوشبختانه از کارایی موفق آن جلوگیری نکرد. عضو اصلی جدید، آببند شکاف بینcaisson های مجاور هم است. صندوق ها با ۶ درجه آزادی خطای مجاز(تلرانس)دارند، بنابراین آببندها یا دریچه ها باید در ابعاد و وضعیت اختلافشان با هم مطابقت داشته باشد. بهترین روش ، نصب شمع صفحه ای شیبدار درمیان هر درز ، یکی روی سطح داخلی، یک روی سطح خارجی و پرکردن بین آنها با سنگ ها می باشد استفاده از یک صافی دو طرفه روی کف اگر نیاز به ممانعت از شسته شدن در تلاطم بزرگ ذاتی که درموقعیت آن رخ داد نیز پیشنهاد می شود. می توان در شمع های صفحه ای که در گوشه ها قرار می گیرد، از شمع های ورقه ای تخت سنگین تر با اتصالات خیلی قویتر استفاده کرد. آنها از پشت در بتن به وسیلهٔ آرماتورهای تقویتی جوش داده شده مهار شده اند. سپس یک قوس، شبیه آن که در سازه های شبکه ای شمع های سپری به کار برده شد، نصب می شود. این قبیل caisson ها روی موج شکن های عمیق و خیلی بلند برای شکل‌دادن هسته ، با اضافه شدن هستهٔ صخره ای از کلاس A و B و واحدهای بتنی محافظ که در سطح بیرونی نصب می شود، به کار برده میشوند .

نگهدارنده های جعبه ای جزایر هم مشابه اینها هستند ، به استثنای اینکه پرکنندهٔ درونی آنها معمولاً از شن لایروبی شده است. این ضروریست که هیچ شکافی در زیر caisson ها و یا هیچ دریچه هایی که بتواند اجازه دهد تا شن ها از بین برود، وجود نداشته باشد. همچنین caisson ها اغلب اوقات در عملکرد بر امواج طوفانی، باران‌های شدید و ضربهٔ دورخیر امواج فائق می آیند. محافظت در لایهٔرویی، چه بوسیلهٔ سنگ‌های بزرگ و سنگچین های محافظ و چه بوسیلهٔ بتن ، تعیین کنندهٔ عملکرد موفق آنها است.

۲-۲-۲-۳ موج شکن سلولی با ستون ورقه ای فولادی

این نوع موج شکن ها در اکثر گذرگاه ها ساخته میشوند. بنابراین این نوع موج شکن ها در قسمت ساحلی دریا ساخته شده، همیشه حرکات موجی دوره ای و امواج محلی در این موج شکن ها وجود دارد . یک سلول سپر فولادی تا اینکه به طور کامل و سراسری به هم متصل نشوند و حداقل تا یک اندازه ای با شن پر نشده باشند ، پایدار نیستند .

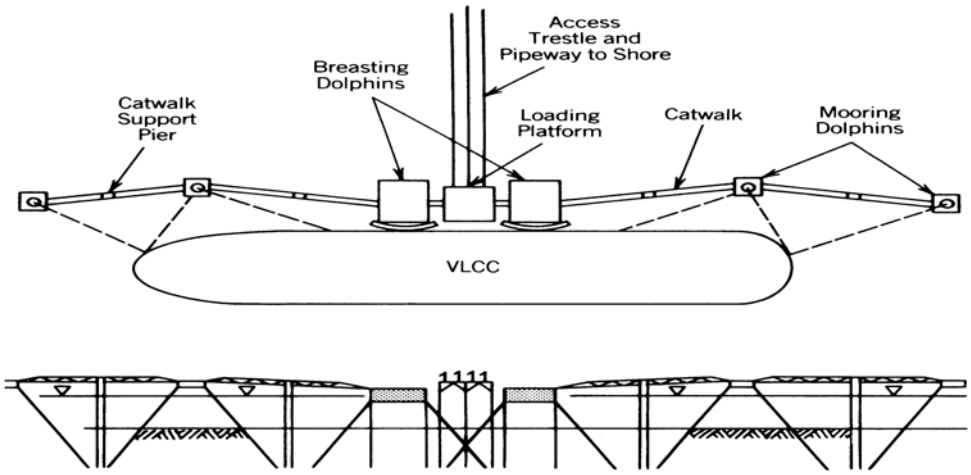
نصب کردن این نوع موج شکن در خارج از ساحل برزیل و در دریای برزیل اثبات کرد که تقریباً بوسیلهٔ سیستم های متداول نصب سپرهای فولادی، دریک زمان مشخص، پیرامون یک مسیر موقتی ، غیرقابل ساخت می باشد. در مورد برزیل راه حل در نظر گرفته شده، در ابتدا ساخت کامل شبکهٔ سلولی در روی برج با اتصال به حلقه های افقی در فضای قاب بود. سپر فولادی به طور موقت به قاب وتیرهای افقی ثابت می شد، سپس این شبکهٔ سلولی یکپارچه بوسیلهٔ یک بارج جرثقیل‌دار بزرگ کار گذاشته شده و سریعاً قسمتهایی از معبر توسط شن پر می شد . سپس شمع ها در زمان کمی رها شده بودند و در زیر شن ها کوبیده شدند. در مورد دریای Bering در اقیانوس آرام بوسیلهٔ ساخت قاب و حلقه ها قوی تر و بلندتر ، برای اینکه از سپرهای فولادی در کل طول آن حمایت شود، این مشکل راحت تر حل شد.

شمع‌های سپری بتنی پیش فشرده هم در ساخت یک تعدادی از موج‌شکن‌های داخل بنادر استفاده می‌شود تا محافظت از کشتی های کوچک ماهیگری و قایق های تفریحی را ارائه کند. در برابر این شمع‌های سپری، لنگر خمشی بیشتری ایجاد می شود، بنابراین آنها معمولاً نسبت به ساختمان شمع‌های معمولی نازک، پهن‌تر و سنگین‌تر هستند. اغلب آنها در جائیکه ممکن است مقاومت کافی در برابر ترک خوردگی ضربه ای کششی درطی شمع کوبی نداشته باشند، با سیم و میلهٔ آهنی تقویت می شوند. این ستون‌ها باید حمایت قوی در طی نصب داشته باشند. آنها باید به طور عمودی و محکم در برابر همدیگر قرارگیرند. در به انجام رساندن این روش آخر، سرستون های سپری باید گوشه دار باشند تا در حین کوبیده شدن در مقابل انتهای شمع قبلی قرار بگیرد در بعضی اوقات، بالای آن که بیرون از آب قرار می‌گیرد، به سمت ستون قبلی کشیده می شود. یک روش داشتن یک غلطک یا دو رشته طناب و یک جرثقیل هیدرولیک است. آببندی اتصالات بین سطوح باید از شسته شدن شن ها به دلیل تغییرات جزر و مدی و امواج جلوگیری کند. شیار ایجاد شده بین دو شمع سپری ورقه ای بوسیلهٔ فشار هوا یا فشار آب (jetting) تمیز می شوند . سپس یک لولهٔ پلی اتلین به پایین فشار داده شده و بوسیلهٔ دوغاب سیمان پر می شود. متناوباً یک دوغاب سیمان سفت با ترکیب ضدشستشو با آب به درون شیارهای آببند و مهاربندهای ورقه ها با فشار تزریق می‌شود .

تجربیات نشان می دهد که اغلب صدمات در طی نصب در بالهٔ مادگی شیارها رخ می دهد. برای جلوگیری از آن، لبه ها باید تقویت شده و با میله های فولادی به طور بهتر مهاربندی را در انتهایشان تأمین کنند. لبه های نرینه باید همیشه هدایت شود. این اثر لبه ها وقتی لبه های نرینه هدایت می شوند، حذف می گردد.

۲-۲-۳ ترمینال فراساحل

ترمینال های فرا ساحل اغلب در آب‌های با عمق بیش از ۲۰ متر ساخته می شوند تا شناورهای خیلی بزرگ حمل کنندهٔ مواد خام (VLCC) و شناورهای حمل سنگ معدن با آبخور عمیق را در خود جای دهند. تا جایی که امکان دارد، اینها در آبهای حفاظت شده و نیمه حفاظت شده تعیین محل می شوند، اما در اکثر سواحل عمق آب مناسب، فقط در دور از ساحل در موقعیت کم‌حفاظ یا بدون‌حفاظ یافت می‌شود. بنابراین عملیات ساخت باید در محیط اقیانوسی، باتوجه به موج، باد و جریانات فصلی متعارف و با درنظرگرفتن امکان طوفان اجرا شود. انواع ترمینال های فرا ساحل شامل یک سکوی بارگیری، دو یا چهار مهار بند پهلوگیری(دلفین ضربه گیر) و چهار دلفین مهار هستند(شکل۲-۴۶) و پل ارتباطی بین دلفین‌ها معمولاً به تمام این سازنده ها متصل شده و ممکن است به یک پشتیبانی‌کنندهٔ میانی نیز احتیاج داشته باشد. یک چوب بست (اسکلهٔ سبک) ممکن است به سکوی بارگیری در ساحل ارتباط یابد یا ممکن است برای انتقال خطوط لوله کشی از زیر دریا استفاده شود. روش اجرای ساخت اولیه، استفاده از یک نوع بندرگاه با ستون های پشتیبانی‌کنندهٔ مستقل عرشه و سیستم ضربه‌گیر برای انطباق شرایط سخت طراحی در آب‌های آزاد می باشد .



شکل ۲-۴۶: ترمینال بارگیری فراساحل

شمع کوبی ها عموماً با شمع های قطر بزرگ با قطر ۰/۷۵ متر تا ۱ متر ، طول ۴۰ تا ۶۰ متر که ضخامت دیواره ای بیش از ۵۰ mm دارند می باشد. معمولاً از فولاد با نقطهٔ تسلیم بالا (۳۵۰ MPa) استفاده می شود. از دو نوع شمع عمودی و مایل ، که به طور متقاطع در سطوح عرشه در برابر نیروهای جانبی عکس‌العمل نشان می دهند، استفاده می شوند. به این شمع های مایل، تیر شیب دار مهار هم گفته می شود .

بسته به اندازهٔ کشتی ها و شرایط شدیدتر ایجاد شده، سهم شمع‌های مایل برای افزایش تسلط بر سازه افزایش می یابد. نیروهای محوری نسبتاً شدید، در حدود ۴۰۰ تا ۶۰۰ تن تحت فشار و۵۰ تا ٪۱۰۰ در کشش به عنوان مبنا استفاده می شود. بنابراین این مهم است که شمع ها به اندازهٔ نفوذ طراحی شده کوبیده شوند و اینکه آنها به دقت جایگذاری شوند تا محورهای یک گروه شمع های عمودی- مایل در یک نقطهٔ واحد به هم برخورد نماید تا خمیدگی را کم می‌کند. اتصال در محل تقاطع باید به اندازهٔ مناسب در برابر نیروهای جاری گسترش یابد.

مشکلات ساخت برای ترمینال‌های فراساحل بیشتر ازمواردی که در ذیل شرح داده شده است ناشی می‌شود:

۱) موقعیت فراساحل معمولاً دوردست بوده،گرفتاری های لجستیکی، حمل و نقل کارکنان و مشکلات تحقیقاتی– نقشه برداری را دارد .

۲) شمع ها بر طبق استانداردهای بنادر خیلی بزرگ هستند (البته اگر با سکوهای تولید شده در مناطق عمیق مقایسه شوند این طور نیست)

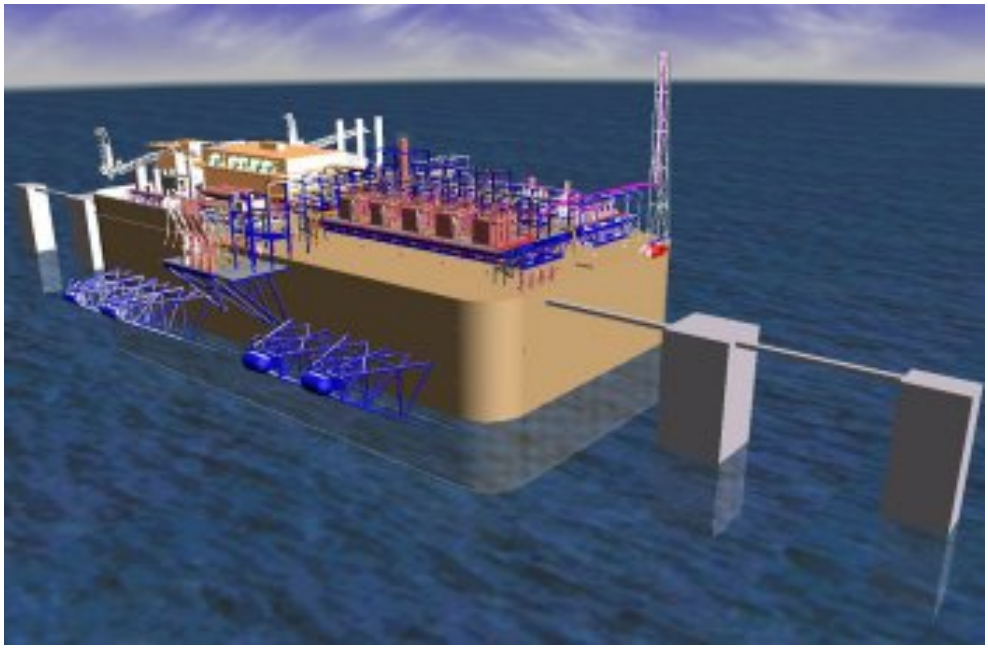
۳) تلرانس خیلی دقیق برای قرارگیری شمع ها در سرستون آن مورد نیاز است .

۴) آب‌های نسبتاً کم عمق(۲۰ تا ۳۰ متر) سبب ایجاد شکستگی در امواج و دگرگونی موج و خصوصیت موج آزاد شده ، راحتی عملیات در شرایط دریای آرام را دشوار می کند.

۵) آخرین ولی نه کمترین مشکل ، محدودیت های اقتصادی و فاصلهٔ نسبتاً کم ساحل است که پیمانکار را وسوسه می کند تا از تجهیزات و روشهای ساخت لنگرگاه ها استفاده کند ، که ثابت شده است اغلب آنها برای شرایط پیش رو و کارهای مورد بحث خیلی ضعیف (کوچک) و محدود می باشند.

پیمانکار نیاز دارد تا به دقت موارد زیر را بررسی نماید؛

باتریمتری (اندازه گیری خصوصیات آب نظیر عمق ، درجهٔ حرارت و....) که ممکن است در یک مرحله ساحلی به سرعت تغییر کند، اطلاعات ژئوتکنیکی که ممکن است لایه های سفت یا سخت یا تخته سنگ ها و مرجان ها که نفوذ به آنها مشکل است را بیان کند. شکل شکستن و انحراف امواج که ممکن است به موقعیت کار تأثیر بگذارد و بررسی جریان ها که ممکن است تأسیسات تدارک دیده را جابجا نماید.



شکل ۲-۴۷: ترمینال فراساحل LNG

- از جملهٔ بیشتر مشکلاتی که با آن مواجه می شویم اینها هستند :

۱) امواج شنی که به آرامی به تغییرات باتیمتری (خصوصیات آب) می انجامد.

۲) انحراف (شکستگی) امواج که سبب برخورد و تمرکز انرژی امواج در مناطق معین می شود که منتج به امواج هرمی و مغشوش شدن دریا می شود.

۳) جریانات متقابل که به امواج بزرگتر و با شیب بیشتر منتج می شود.

۴) دماغه های صخره‌ای رو یا نزدیک سطح که به طور شدید در لایه های زیرین زمین نفوذ کرده و آنها را با نرم کردن از بین برده و شن ها و لجن ها را روان می کند.

۵) صخره‌های بیرون ازآب که در استحکام شمع ها تغییرات شدیدی راحتی در شمع های کناری ایجاد می کنند .

۶) تخته سنگ های رو و زیر سطح

۷) سطوح سخت شیبدار رو یا زیر بستر دریا ، که به تمایل نوک ستون ها به سمت پایین شیب در حین شمع کوبی منتج می شود.

۸) ماسه های آهکی ، نیازمند روش های خاصی است تا در مکان خود ثابت شده و ظرفیت تحمل ماندن در جای خود را ایجاد کند (تا در همان مکان سخت شده و باقی بماند).

۹) لجن(لای) و رسوب دانه ای ریز بیش‌محکم شده ؛ که نفوذ در آنها به شدت دشوار است .

یک سازهٔ اولیه نیازمند قرارگرفتن در یک شالودهٔ ساحلی برای پشتیبانی سازه است. در یک نمونه کامل، یک کارگاه مجاور اسکله و امکانات جرثقیلی وجود خواهد داشت . متأسفانه ، این وضعیت معمولاً وجود ندارد ، بنابراین باید یک بستر پشتیبانی مستقر شود .

در مورد اکثر ترمینال‌های فراساحل، تعداد خیلی زیاد اعضاء ساختمانی و مکانیکی به بیرون از محل ساخت حمل می شود. یک تحلیل در میزان نیروها و جرثقیل های بارج نشان خواهد داد که انتقال مؤثر در موقعیت ساحلی ضروری است. برخی پشتیبانی ها باید در مقابل امواج شکسته‌شده ساخته شود. برآمدگی‌های ساحلی(در کف) نه فقط به شکست بزرگ امواج ، بلکه به بادهای آرام منجر شده ، همچنین می‌تواند به نوسانات شدید در کارگاه و آبراهه ها منجر شود که ممکن است خطوط مهار را به طور ناگهانی بشکند. عمق آبخور مناسب باید نه تنها برای بارج ها، بلکه برای قایق‌های یدکش و قایق‌های خدماتی هم فراهم شود. تأسیسات (آب ، سوخت و انرژی) باید در پایگاه های ساحلی به صورت عرضهٔ متمرکز ، مخصوصاً تأسیسات پیش بینی وضع آب وهوا به خوبی دردسترس باشد. متأسفانه در تاریخچهٔ گذشتهٔ سازهٔ ترمینال ساحلی، اغلب پیمانکار در نصب یک بستر ساحلی مناسب اولیه و داشتن یک پیشرفت تدریجی در انجام کار به خوبی عمل نکرد و باعث ضرر در اثر بی‌کفایتی می شوند .

مرحلهٔ دوم نصب سیستم کنترل نقشه برداری است. کنترل افقی در نقشه‌برداری ممکن است شامل حدود تغییرات میدانی با استفاده از مشاهدات میزان تشعشع نور برای مسافت‌های مختلف در دریا حتی در روز یا استفاده از لیزر باشد. همچنین سیستم موقعیت‌یاب‌الکترونیک معمولاً نصب می شود. ایستگاه های ساحلی در کنار دریا مستقر می شوند. اندازه‌گیرهای جزر و مد هم ترجیحاً در دیواره ها جایگذاری می شوند. ترازسازی می‌تواند به وسیلهٔ لیزر اجرا شده، همچنین ممکن است از GPS به عنوان بازبینی‌کننده در موقعیت استفاده شود. اگر زمان واقعی سرعت قرارگیری ماهواره ها مطلوب باشد ، ممکن است از GPS های متفاوتی استفاده شود. در نتیجه اغلب رویدادها در تمام انواع سازه های فراساحل،توسط مهندسان طراح برای رسیدن به مقاصدشان در راستای احتیاجات سازه‌ای کافی بررسی‌های ژئوتکنیکی انجام می شود. بنابراین اطلاعات پایدار اضافی ممکن است برای پیشرفت در خصوص نوع ته نشست کف دریا، تخته سنگ ها و موانع مورد نیاز باشد .

با استفاده از نقشه برداری توسط امواج، بررسی کنندهٔ جت و مته کاری در بالاترین لایه های کف در جاییکه شمع ها باید کوبیده شوند، می توان اکثر اطلاعات را کسب کرد . برای مثال سازنده ممکن است بخواهد به طور دستی، یک شمع فولادی با طول ۶۰ متر یک تکه را در روی شمع مایل طراحی شده قرار دهد.سازنده به داشتن یک ارزیابی قابل اطمینان راجع به اینکه شمع در زیر وزن چقدر پایین می رود نیاز دارد. آیا به جتینگ(با فشار هوا شمع را کوبیدن) نیاز دارد؟ اکنون سازنده در موقعیت مناسب سازه، یک ابزار مهار نصب خواهد نمود تا به حرکت وسایل شناور و بارج حفاری در امتداد و پیرامون ترمینال کمک کند. از پیش نصب کردن ابزار مهار زمان تغییر مکان ها و مشکلات جابجایی و بازنشانی لنگرها را کاهش می دهد. در اکثر موارد آنها مشکل تقاطع خطوط لنگرها را وقتی دو قطعه دستگاه شناور باید در فاصلهٔ نزدیک به هم کارکنند برطرف می کنند. در ادامهٔ این مرحله ممکن است یک برج بررسی‌کننده ساخته شود ، که مرجع واقعی برای نقشه برداری دقیق خواهد بود. دسترس پذیری تجهیزات موقعیت یاب الکتریکی با قدرت تشخیص بالا کم می باشد اما احتیاج به آن با وجود برج ها در سال‌های اخیر ازبین رفته است. قابلیت آنها در توانایی هدایت چشمی، سرپرستی بارج جرثقیل دار در حرکت دادن سریع در موقعیت های نزدیک به هم می باشد .

تصمیم بعدی چگونگی عمل کردن در موارد طوفان می باشد. احتمالاً قایق‌ها در لنگرگاه ها به طور ایمن حرکت خواهند نمود. اگر تأسیسات پیش‌بینی وضع هوا وجود داشته باشد، با طرح ریزی مناسب و تدبیر پیمانکار ممکن است ازکج شدن تجهیزات بارج در موقعیت جلوگیری شود. اما در مورد تجهیزات شناور اصلی به عنوان مثال بارج های حفاری بزرگ چطور ؟ آنها همیشه در موقعیت کاری قرار دارند و از این رو ممکن است در معرض شدید و ناگهانی طوفان قرا گیرد . این همیشه عملی نبوده یا ایمن نیست که آن را به یک لنگرگاه بکشند، ورودی لنگرگاه ممکن است دارای امواج شکسته ، نقاط کم عمق یا جریان های گذرایی باشد که هنگام ورود درزمان طوفان بسیار خطرناک هستند.

کشتی‌های یدک‌کش ممکن است قدرت یا اندازهٔ کافی برای حمل‌کردن یک بارج حفاری بزرگ تحت شرایط سخت دریایی را نداشته باشند و تجربه نشان داده که اغلب مسلط شدن شناور در طوفان بیرون از دریا روی یک ابزار مهار طوفانی از قبل تنظیم شده ایمن تر می باشد. این قبیل ابزار مهار شامل یک زنجیرهٔ بلند طناب سیمی از بارج تا یک بویهٔ مهار(بویه فلزی) هستند، که به یک سیم یا زنجیر برای هدایت لنگر سنگین متصل هستند. سیم مهار معمولاً با دو لنگر یا یک لنگر بزرگ هستند که پایداری را تأمین میکند.

همیشه امکان یک طوفان ناگهانی وجود دارد ، بنابراین طناب مهار طوفان متصل نگه داشته می شود ، اما معمولاً کمی شل است، تا اجازهٔ مانورینگ را در خط عملیاتی بدهد. یک لنگر یدکی نیز، در زیر سینهٔ شناور به آب انداخته خواهد شد تا از حرکت Yaw (حرکت عرضی شناور) جلوگیری به عمل آید. وقتی عملیات ساخت به طورصحیح آغاز شد، شمع ها تحویل داده می شوند، یا بر روی بارج یا خودشناور و برای شمع کوبی منظم می شوند .

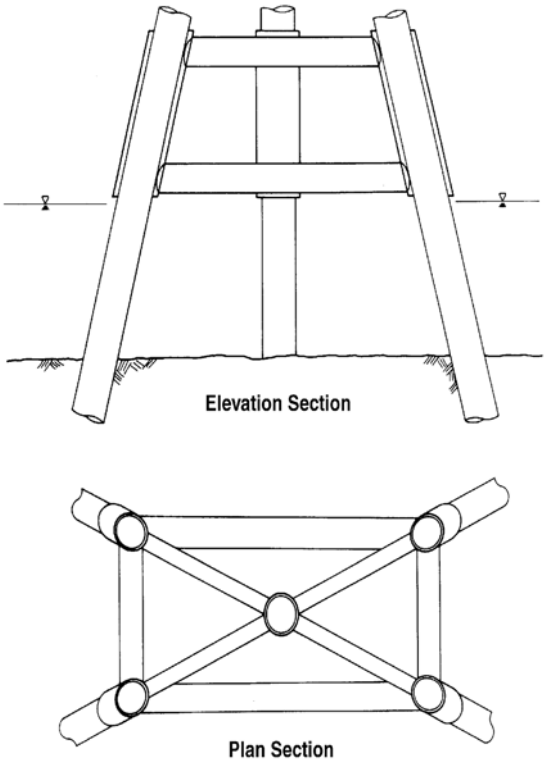
در ابتدا شمع موجود در دلفین مهار بهتر است به طور عمودی در یک نقطهٔ مبنا قرارگیرند و برای ستون‌های مایل از دو بعد پشتیبانی می کنند. هنوز بیشتر دلفین های مهار همه با شمع های مایل طراحی می شوند نه شمع های عمودی !!

مشکل دوم این است که شمع ها باید در کنار دیگری کوبیده شوند، سپس بریده شده و به موقعیت نهایی کشیده شود. به عنوان مثال دیوارکشی سنگین با شمع های لوله ای قطر بزرگ، که در میان مواد سخت بستر کوبیده می شوند ، قادر است به طور کلی انحنا ناپذیر و نصب آن سخت باشد.

خمیدگی سرستون ها ممکن است موجب تحمیل تنش خمشی شود که به طور دائمی در شمع ها ایجاد می شود . یک شمع عمودی موقتی قادر است در عمل این مشکل را حل کند.

مشکلات جدی دیگری هم در اتصالات ثانویه شمع ها وجود دارد. اگر عضوهای لوله ای بریده شوند، نصب شده و به نقطهٔ تلاقی آن جوش داده شود، این ممکن است به طور تئوری محقق شود تا اینکه آن را در وضعیت رضایت بخش به اجرا درآید!

شمع ها قادرند در اثر امواج و حرکات گردآبی ناشی از جریانات به لرزه در آیند . منطقهٔ اتصال ممکن است به وسیلهٔ پاشیده شدن آب خیس شده ، فولاد به دمای زیر دمای منطقهٔ جوش داده شده برسد که موقعیت های جوش را نامطلوب خواهد نمود. این اتصالات تابع نیروهای پریودیک و نیروهای دینامیک هستند ، از این رو آنها اغلب تحت پدیدهٔ خستگی می شکنند .بنابراین دو شکل تثبیت موقعیت شمع های مایل و اتصالات، در قالب پیش ساخته وجود دارد. در این مورد قاب پیش ساخته شده با اجزای فولادی همتراز شده با حداکثر مد دریا در روی دلفین (ارتفاع ۵ متر یا بیشتر) قرار می گیرد.(شکل۲-۴۸ و ۲-۴۹)



شکل۲-۴۸:قاب پیش‌ساخته برای دلفین مهار

شکل ۲-۴۹:جکت پیش‌ساخته برای ترمینال جزیره خارک

همهٔ جوش ها در محل کار انجام می شوند. جایی که شرایط مناسب بوده و بتوان روش کار صحیح و تست های غیرمخرب اجرا شود. سپس قاب بالای پاشنهٔ بارج حفاری در جایگاه اختصاص یافته‌اش نگه داشته شده و یک یا چند شمع عمودی در میان شیارهای آنها کوبیده می شود .(شکل ۲-۵۰)

شکل ۲-۵۰: قراردادن جکت و شمع کوبی در آن برای ترمینال جزیره خارک

شمع ها در نفوذ پایانی در این مرحله به طور معمولی کوبیده نمی شوند، بلکه به قالب پشتیبان عمودی و جانبی تدارک دیده شده احتیاج دارند. اگر طرح نهایی شامل یک شمع عمودی نباشد، آنگاه سازنده با استفاده از غلاف پوشاننده، یک ستون حمایتی موقتی، معمولاً در مرکز دلفین اضافه می‌کنند. حال قالب به طور عمودی به ارتفاع مناسب بالا آمده و به شمع های عمودی جوش داده می شود موقعیت و نصب آنها و موقعیت‌یابی آنها چک می شود. شمع های مایل پی‌درپی در میان غلاف های پوششی، در راستایی که از جابجایی قالب جلوگیری کند، نصب می‌شوند. پس از نصب، آنها در سطح تسطیح شده کوبیده می شوند. سرانجام، شمع‌های عمودی جدا شده، با جوش متصل شده و برای نفوذ نهایی کوبیده می شوند. اگر شمع های عمودی در طراحی نباشند اما سازنده برای هدف موقتی از آنها به کار برده باشد، پس از اتمام مراحل آنها جدا شده و برداشته می شوند.

اتصالات بین شمع ها و غلاف های پوششی قالب ها معمولاً با جوش برشی ترکیبی در یک مقطع عرضی حلزونی در امتداد با تزریق دوغاب سیمان هستند. ضروری است که این اتصالات در هر حادثه ای از لرزش ها ممانعت کند.

این مورد برای تعدادی از ترمینال های فراساحل در ژاپن و نقاط دیگر ، هرکجا که یک بارج ساختمانی جک‌آپ استفاده شود، بکار گرفته می شود. سکوی جک‌آپ می تواند پشتیبانی اولیه برای قالب را ایجاد کند، اما قالب نباید سفت و محکم به سکوی جک‌آپ وصل شده باشد، وگرنه ممکن است پایداری جک‌آپ نصب شده به خطر بیافتد.

مهاربندهای ضربه‌گیر باید در برابر نیروهای فشار سنگین ناشی از داکینگ (پهلوگیری شناور) مقاوم باشد. اغلب آنها به طور کامل دارای پوشش هستند. شبیه این، سکوهای بارگیری‌اند که به دلیل نیروهای ناشی از شناورهایی که به آنها انتقال می دهند ، یک پوشش اغلب تماماً با شمع های عمودی دارند .

در هنگام ساخت ترمینال فراساحل، با ساختارهای زیاد مستقل آن ، بارج ترکیبی یا بارج جرثقیل‌دار اکثر اوقات حرکت خواهدکرد تا بتواند شمع های مایل را در زوایای مختلف جابجا کند. در حقیقت آن باید طناب مهار خود را در زوایای مختلفی نگه دارد ، که حرکت بارج را تغییر دهد.

البته این که یک طناب به دور دلفین امتداد یابد نامطلوب است. طناب مهار باید قادر باشد یک نیروی جانبی بزرگ که به آن اعمال می شود را تحمل کرده و اگر زمان زیادی به طناب مهار نیاز باشد، پاره نشود.

پایه های سازه های سوار بر جک‌آپ در بستر خاکی (خاک رس و لای) باید با دقت به اینکه خیلی نزدیک به سوراخ قبلی نشانده نشوند ، نصب گردند.

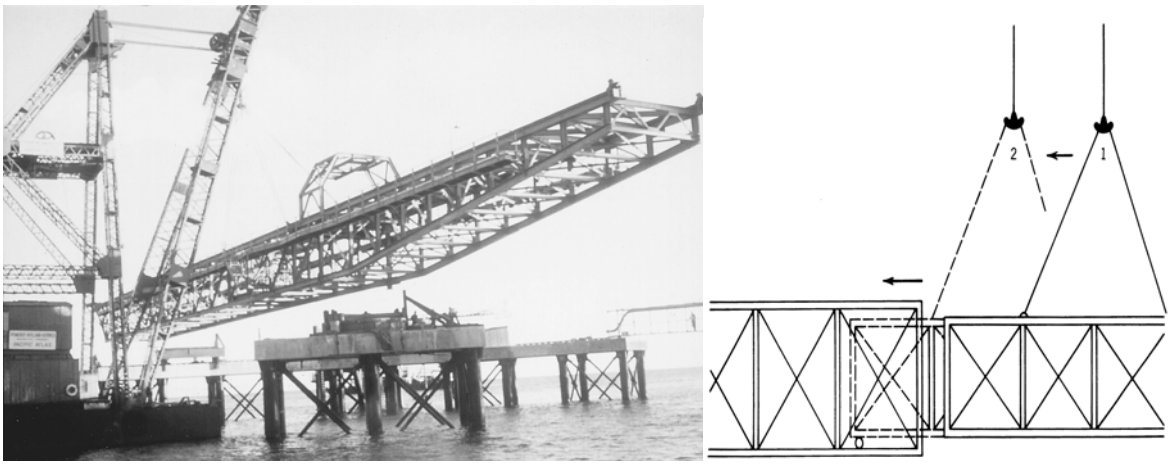
در ترمینال خلیج Ise ، نزدیک ناگویای ژاپن ، بیش از ۶۵ موقعیت جک آپ مورد نیاز بود. یک جانمایی خیلی دقیق برای جلوگیری از روی هم افتادن حفره‌های پایه در بستر رسی که ممکن است سبب خمش پایه ها یا از بین رفتن پشتیبانی آن شود نیاز است. این موقعیت های زیاد، تعیین موقعیت‌ها ، توانایی های جرثقیل وترتیب قرارگیری ابزار مهار نیازمند یک جانمایی در روش کار در نقشهٔ سازه ای هستند.

موقعیت یابی دلفین مهار معمولاً بحرانی نیست، یک متر یا دو متر هر طرف ، معمولاً قابل قبول است. تثبیت موقعیت دلفین های پهلوگیری و سکوهای بارگیری خیلی بحرانی است، زیرا وقتی کشتی پهلو گرفته و در برابر دلفین های پهلوگیری قرار گرفت، آن حتی با انحراف موقتی نباید به سکوی بارگیری برخورد کند. بنابراین مراقبت زیادی باید در ساختن پشتیبانی دلفین پهلوگیری و ایجاد ضربه‌گیر سکوی بارگیری اتخاذ گردد. ضربه‌گیرهای حجیم (عظیم)، دلفین های پهلوگیری جذب کنندهٔ انرژی فشاری در طی عملیات داکینگ را ایجاد می کنند. بطور نمونه، داک‌های تانکر با وزن ۲۵۰۰۰۰ تن با سرعت $15\ cm/s$ ($6\ in/sec$)، همهٔ این انرژی باید بوسیلهٔ ضربه گیرهای اضافه شده به اعوجاج الاستیک دلفین ها جذب شود.

این ضربه‌گیرها بزرگ ، حجیم (ساختار فشرده)، تجهیزات جذب انرژی با یک نیروی پاسخ به تغییر شکل که قبلاً تعیین شده هستند. اکثر انواع مختلف که توسعه یافته اند ، از ضربه گیرهای تغییر شکل یافتهٔ لاستیکی، فنرها،کوبه های هیدرولیک، لوله های فولادی با استحکام بالا در خمش و پیچش یا انرژی پتانسیل گرانشی وزن استفاده می کنند . صرف نظر از این جزئیات ، ضربه گیرها باید به طور مناسب و دقیق توسط سازنده قرار گرفته و نصب شود . واحدهای ضربه‌گیر در قطعات خیلی بزرگ پیش ساخته می شوند تا بتوان به راحتی آنها را جابه جا کرد. هدایت کننده های موقتی باید نصب شوند تا آن را در موقعیت مخصوص خودشان برای پیچ شدن یا جوش داده شدن قرار دهد.

توضیحات قبل دربارهٔ دشواری جوش در منطقهٔ پاشش (آب دریا) اینجا هم قابل اعمال است. به دلیل نیروهای فشاری وارد شده ، به عنوان مثال ۳۰۰ تن (MN ۳) جوشهای برشی خیلی وسیع مورد نیاز هستند. بنابراین پیچ های استحکام بالا معمولاً ترجیح داده می شوند . برای کمک کردن به چسباندن آنها ، باید روزنه های شیاری را در یک راستا با قاب غلاف روکشی یا راستای دیگر در چنگک ضربه گیر تهیه نمود. اگر صفحات تیکه گاه مناسب در زیر پیچ ها استفاده شود، یک اتصال خوب باسرعت بیشتر می تواند ساخته شود. خطای مجاز (تلرانس) خیلی مهم هستند، در سطح ضربه‌گیری روی دو یا چند دلفین پهلوگیری، باید جذب کننده ها در یک زمان به یک جهت بوسیلهٔ سازهٔ کشتی به خط شوند. تأکید اصلی با سازنده است، بنابراین باید یک پیش سازی جداکثر برای خطای مجاز فراهم شود و همهٔ وسایل کمکی مناسب قابل اجرا در نصب اتخاذ گردد.اکنون بنای فوقانی سکوی بارگیری نصب می شود (در شکل ۲-۵۱ دیده می شود). نصب بازوهای بارگیری هیدرولیکی خیلی وقت گیر هستند، همچنین به دقت زیادی هم نیاز دارد. پیش سازی اینها (پیش نصب اولیه)در یک قاب نمونه ساعت های زیادی در زمان، در محوطهٔ کار صرفه جویی خواهد کرد.

به طور مشابه نصب یک بارگذار کشتی در روی سکوی بارگیری به علت ارتفاع مورد بحث و وزنی که باید به بالا برده شود، یک کار مهم می باشد. در بیشتر موارد نصب یک جرثقیل پایه ثابت در یک سکوی بارگیری برای نصب قطعات بلندتر ضروری است. طرح ریزی ویژه ای برای نگهدارنده های دکل ها وقتی که یک بازوی بارگذاری تلسکوپی نصب می شود مورد نیاز است، نه فقط بازوی سنگین و کلفت و نیازمند بالابردن زیاد در بالای عرشه و دریا می باشد، بلکه آن باید از درون محفظهٔ اتصالات تنگ هم عبور کند. در حقیقت ممکن است تمسهٔ بالابرنده تمایل به گیرکردن درقاب محفظه نموده و نیازبه جابجاسازی آن درحین نصب می باشد(به شکل ۲-۵۱ نگاه کنید).



شکل ۲-۵۱: بازوی بارگذاری تلسکوپی

به این دلیل کلیهٔ پیش سازی و سرهم بندی یک بارگذار کشتی در کارخانهٔ کشتی سازی یا کارگاه می باشد ، البته سرهم بندی هرگاه که عملی باشد ترجیحاً در بالای آب انجام می‌گیرد.

سازه ها ی ترمینال فراساحل از نوع Caisson (GBS) در یک بندر حفاظت شده، به تجهیزات کامل شامل بازوی بارگیری کشتی ، بالابر فله و ضربه گیر ساخته شده و ترابری و نصب کننده‌ی این ترمینال در یک واحد مستقل ، ساخته می شود.

برای ترمینال «های پوینت» در «کوئیزلند» استرالیا، ترمینال شامل ۳ اسکلهٔ تخلیهٔ بار کیسونی، یک بارانداز کشتی کامل و دیگر حمل کننده های بارهای فله بنا شده بود . مخازن شناوری موقتی کوچک به پایه های کیسون ها نصب شده بود تا پایداری مثبتی را در طی مراحل بحرانی غوطه وری تحت کج شدن انتهای شناور ایجاد کند. غوطه وری در کارگاه (بندرگاه) انجام شده ، سپس سازهٔ سوار شده با خط آبخور بالای ستون ها، یدک کشی می شود.

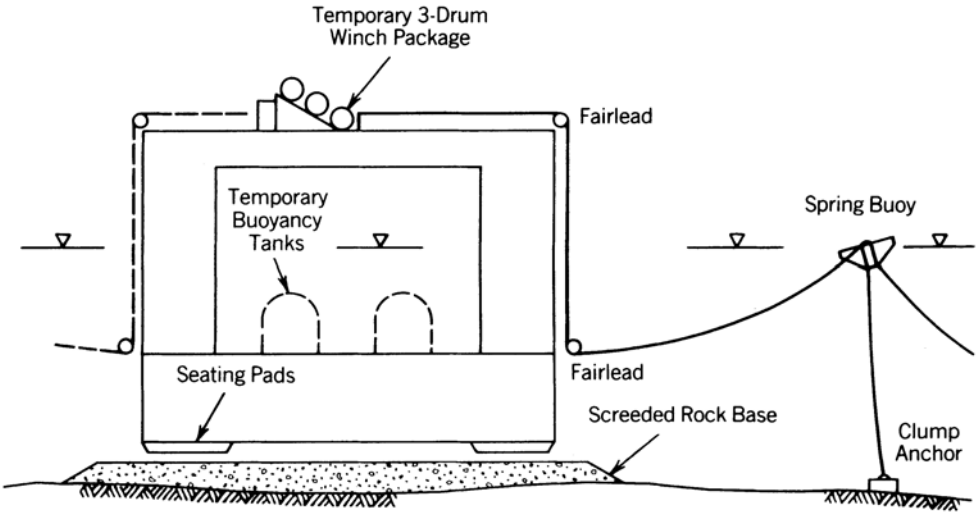
این کیسون ها هر کدام به تنهایی یدک کشی شده و در یک روز نصب می شوند، به زمین گذاشتن واقعی فقط کمتر از چند ساعت رخ می دهد .خطوط مهار از هر کیسون تا بویه های مهار از پیش نشانده شده امتداد می یابند. وینچ ها روی کیسون سازه را به محل دقیق کشیده و آن را در حین جایگذاری در محل نگاه می دارد(در شکل ۲-۵۲ تا ۲-۵۴ دیده می شود).

شکل۲-۵۲: کیسون سازهای با بستر وزنی

شکل۲-۵۳: یدک کشی سازه ترمینال

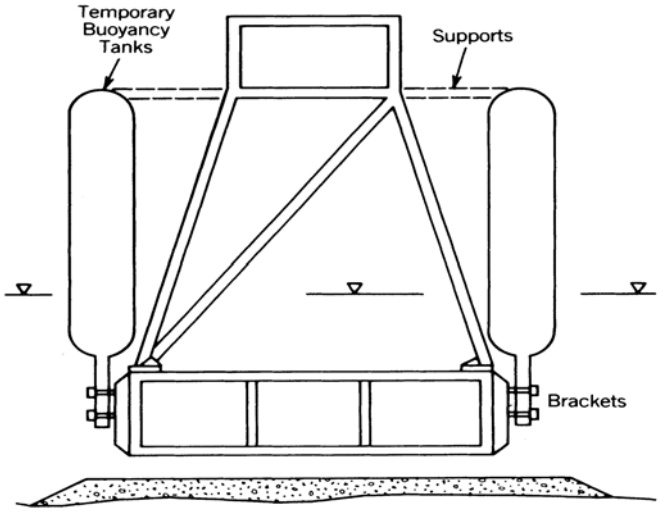
یک خط کوچک مهار مورد نیاز است تا سازهٔ نصب شدهٔ قبلی را هدایت کند . به این ها یک وسیلهٔ میراکنندهٔ لاستیکی که برای جذب نیروهای ناگهانی طراحی شده است اضافه می شود . یک خط بافته شده می تواند به طور مشابه استفاده شود تا تغییرات نیروهای دینامیکی را بپذیرد.

سازه ها طوری طراحی می شوند تا به یک آب راکد برسند ، تا در طی پایین رفتن جزر و مد نشیمنگاه آن در حالت تعادل در آب تقریباً راکد قرار بگیرد، سپس سازهٔ متعادل شده در طی بالا آمدن جزر و مد بعدی در این مکان مهار می شود (دامنهٔ جزر و مد دریایی ۵ تا ۶ متر است).



شکل ۲-۵۳: تثبیت موقعیت کیسون ترمینال

ضربه گیرهای کیسونی دارای ساختمان فوقانی ساخته شده از فولاد لوله ای شکل بوده، نیازمند مخازن شناوری موقتی محکم نصب شده هستند تا پایداری و کنترل در طی جایگذاری آنها تأمین شود.(شکل۲-۵۴)



شکل ۲-۵۴: استفاده از مخازن شناوری موقتی برای ایجاد پایداری و کنترل در طی نصب

پس از جایگذاری، فضای زیر بستر دریا caisson با دوغاب سیمان شامل یک ترکیب تیکسوتروپیک پرخواهد شد. محافظ جوش های زیر آب ، در شکل دهی بالشتک های بلوکی سیمانی مفصلی روی محیط کیسون ها قرار می گیرد.

مدل دیگر طراحی برای ترمینال ها فراساحل این است که جاهایی که نیازمند شمع های استوانه ای با قطر ۲ یا ۴ متری باشد، معمولاً از دیوارهای کلفت فولادی استفاده می شود. این مدل به طور گسترده در «کوک اینلت» آلاسکا که نیروهای یخی به ملاک های طراحی چیره می شود، به کار برده می شود. همچنین این مدل در خاورمیانه هم استفاده شده بود . اخیراً این روش برای ترمینال های آمریکای شمالی که معیارهای ارتعاشی همچنین نیروی بارگیری کشتی در آن شدید است پذیرفته شد. سازهٔ این روش ها تماماً شامل شمع های لوله‌ای فولادی عمودی می باشد. هر شمع یک پروسهٔ نصب عظیم بوسیلهٔ فشار هوا (جتینگ) و کوبیدن یا به وسیلهٔ حفاری و بتن ریزی را ارائه می کند . لازم است تا نفوذ مناسب تا بدست آوردن مقاومت جنبی مورد نیاز پیشرفت کند، به عنوان نمونه ، یک نفوذ ۵ برابر قطر نیاز می باشد. سرستون‌های کوبیده شدهٔ خیلی بزرگ باید مناسب باشند تا ضربهٔ چکش روی لولهٔ قطربزرگ را توزیع کند. اغلب اینها با فشار جوشهای کمکی برای ممانعت از شکستن زیر فشار ، به طور خاصی ساخته می شوند. جت ها اگر استفاده شوند، معمولاً در روی ستون ها نصب اولیه می شوند تا به عملیات همزمان با فشار کوبش اجازه دهند. در اکثر موارد ، نصب کردن با استفاده از یک چکش فشاری از نوع فراساحل بزرگ انجام می شود. در سایر موارد از چکش های ارتعاشی گوناگون استفاده می شود .

یک مشکل اصلی سازه ها برای این نوع ساختار ، جابجایی و جایگذاری این چنین شمع های لوله ای بزرگ ، مثلاً طول ۵۰ تا ۶۰ متر و قطر ۳ متر با وزن چند هزار تن می باشد.

جریان های جزر ومدی، از قبیل آنهایی که در «کوک اینتل» که دامنهٔ آن بیش از ۷ نات ($\frac{m}{s}$ ۴) است، شمع لوله‌ای را به علت وجود جریان گردآبه ای متمایل به حرکت هم در امتداد جریان و هم حرکت عرضی می کند . شمع باید تسمهٔ اتصالی ویژهٔ مناسبی داشته باشد تا شمع ها را در حالت عمودی نگه دارد . نصب اولیه درون بستر ، مشکلات جریان را می کاهد (شکل۲-۵۵) .

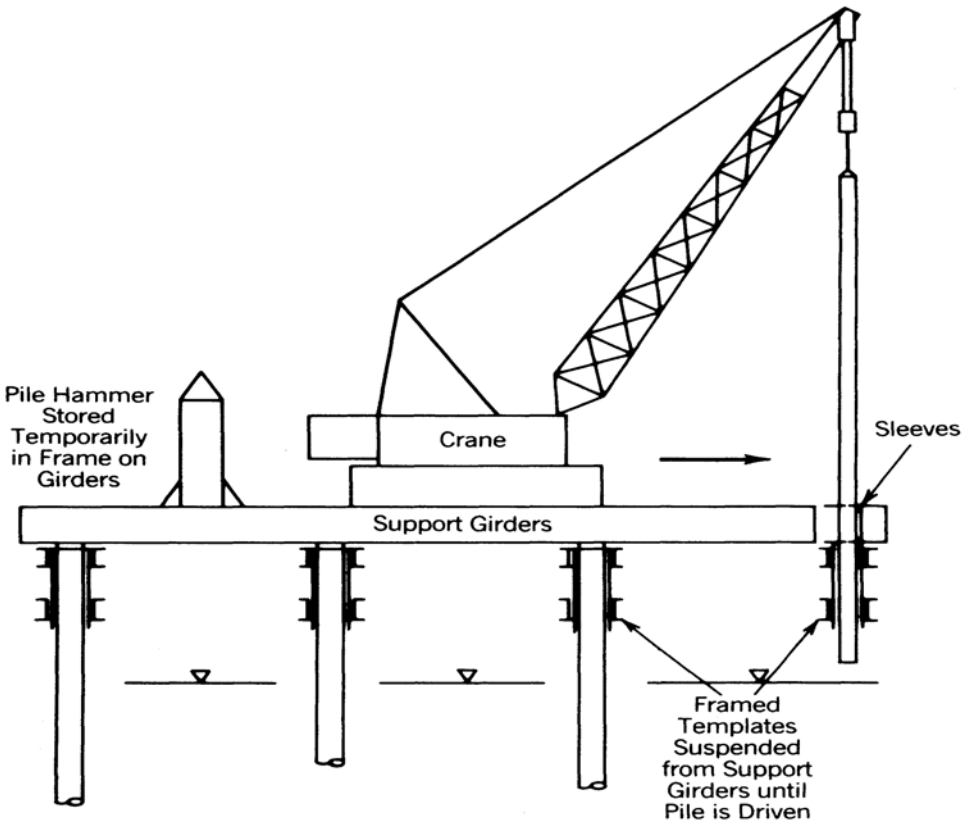
شکل۲-۵۵: عمود نگه داشتن ستون توسط تسمه اتصالی

مشکل بعدی در کوبش شمع های بزرگ در بسترهای غیریکنواخت وجود دارد، که با آن در مناطق زیر مواجه می شویم : سطوح یخ بسته و بیش از حد محکم شدهٔ گل و لای در آلاسکا ، سنگ های دماغه‌ای، لایه های سنگ آهک و شن های آهکی در منطقهٔ خاورمیانه .

ساخت ساختمان فوقانی مناسب با روش های صحیح که برای اکثر ترمینال ها،یعنی روش پیش سازی ، انجام می گیرد. متناوباً قطعات عرشهٔ پیش ساختهٔ خیلی بزرگ یا پل ها ممکن است بوسیلهٔ یک بارج جرثقیل‌دار نصب شده و خطوط لوله‌کشی و تجهیزات را ایجاد نمایند.

در ترمینال « آرکو » در « چری پوینت » واشنگتون از شمع های عمودی لوله ای شکل فولادی با قطر ۲ متر استفاده شد که با تجهیزات چکش سقوطی هیدرولیکی خیلی بزرگ به اندازهٔ ۲۵ متر نفوذ کرد. شمع های کوبیده شدهٔ هم قطر با بتن ریزی در درون شمع ها انعطاف پذیری و شکل پذیری بهتری را زیر زلزلهٔ شدید ارائه می دهند.

دراکثر ترمینال های فراساحل ، برای مثال ترمینالLPG در ju'AYmah و ترمینال پتروشیمی در jubail هر دو در عربستان سعودی ، شمع های لوله ای فولادی و بتنی پیش تنیدهٔ قطر بزرگ در حفره های موازی قرار داده شده و سپس کوبیده شدند تا تکیه گاه مناسب و پشتیبانی جانبی را گسترش دهند. قطر آنها از ۱/۶ تا ۴ متر تغییر می‌کرد . چوب بست های عمودی متصل شده از ساحل که در عملیات ساخت آن نسبتاً ثابت می باشند، چون از میان ناحیهٔ سطحی منطقهٔ بالای آب کم عمق عبور می کنند . قسمتی یا همهٔ ساختمان آنها بیرون از آب قرار می گیرد .(شکل ۲-۵۶)



شکل ۲-۵۶

با این چنین روش هایی، بلندکردن ، کوبیدن ، سوراخ کردن و قاب بندی اصولاً از وضعیت دریا و جریانات دریایی، مستقل هستند. به عنوان نمونه کارهای فوقانی نصب یک جرثقیل زنجیری بزرگ روی شاهیترهای بلند. شمع های مایل آب اندازی شده و شاهیترها به طور مرحله به مرحله متصل می شوند . سپس جرثقیل شمع ها را در میان قالب آن جایگذاری کرده و می کوبد . حال قالب به شمع ها جوش داده شده و متصل می شود . تیرهای طولی تکیه گاهی درون جایگاهشان انداخته شده و پیچ می شوند . حال می توان تجهیزات را به سمت محل ستون بعدی فرستاد . سایر جرثقیل ها از پشت پشتیبانی کرده ، مقاطع پیش ساختهٔ عرشه را در موقعیت قرار داده ، تمام مهار بندی های تقویتی و قالب‌ها را کامل می‌کند. شمع ها در قالب، نیازمند ثابت شدن کامل برای جلوگیری از ارتعاش گسترده و اطمینان دادن به بر هم کنش مناسب هستند . واشرهای فلزی برای محکم کردن سر شمع ها جا داده شده وبه یک آببند در انتهای پایینی شیار ، با تزریق سیمان و جوشکاری در روی آن نیاز دارند .

شتاب دهنده ها (Accelerator) ممکن است در بتن استفاده شود تا استحکام سریعتر بدست آید . در امتداد چوب بست ، یک پایهٔ لنگر در فاصلهٔ ۳۰۰ تا ۵۰۰ متر مورد نیاز خواهد بود ، این باید شامل یک پایهٔ دوتایی به طور مناسب محکم شده باشد . بدلیل اینکه محدودیت وزن وجود دارد ، قالب پیش ساخته ممکن است در دو قسمت قرار گرفته و به همدیگر پیچ شوند . قطعات به آب اندازی شده بوسیلهٔ کشیدن آنها در امتداد شاهیترهای طولی انجام می‌گیرد . روش گفته شده در فواصل ۲۰ متری استفاده می شود، ولی طرح های ساخته شده نشان دهندهٔ عملی بودن آنها برای فواصل بیش از ۳۰ متری یا بیشتر هم می باشد .

در طراحی برای یک راه دسترسی خیلی طولانی در ترمینال خارج از محدودهٔ ساحل « آی ووری » که موج های سنگین از اقیانوس جنوبی کار شناوری را خیلی مشکل می ساخت، فواصل ستون۳۰ متر تا۴۰ متر به طور قابل توجهی اقتصادی جلوه نمود .

سختی اصلی با این روش ساخت این است که تمام مواد باید در روی چوب بست انتقال داده شده ، جابجایی مجدد تمام تجهیزات شمع کوبی ، توسط جرثقیل روی عرشه انجام گرفته ، سپس توسط محافظ قالب ستون کناری در محل خود ثابت شود . بسته بندی مناسب و برنامه ریزی این چنین انتقال هایی نیازمند کار بیشتری می باشد تا حل این مشکل را آسانتر کنند . حتی وقتی کارگران بر بالای چوب بست یا سکوی ترمینال کار می کنند ، تدارکات باید راه دسترسی امنی را برای کارکنان ایجاد کند . مسیرها نیاز است که در طراحی گنجانده و جایگذاری شوند . زمانی که جرثقیل ها حرکت می کنند ، امنیت مسیرها کم می گردد. در آب های عمیق چوب بست های پشتیبانی قادرند توسط جکت های کوچک و یا شمع های لوله ای به طور شناور ساخته شوند (در شکل ۲-۵۷ دیده می شود) .

شکل ۲-۵۷: نصب یک چوب بست پشتیبانی جکت

معمولاً یک سازهٔ چوب بست فرعی (ذخیره) برای ترمینال های فراساحل که خیلی دور از ساحل ، در زیر لوله کشی زیر آب استفاده می شود. بنابراین تعدادی حق انتخاب در دسترس می باشد. خطوط لوله‌کشی می تواند از ساحل توسط وینچ های کشنده در روی خود سازهٔ ترمینال یا توسط یک بارج‌کشنده به سمت دریا در محل تعیین شدهٔ ساختمان ترمینال، کشیده شود .

خطوط لولهٔ با قطر کوچک می توانند دسته بندی شده و به ترمینال به طور عمودی متصل شود و از میان لوله های j شکل تغذیه شده به ساحل کشیده شوند . در جاهایی که ترمینال از ساحل خیلی دور است ، از بارج‌های قرار داده شدهٔ ساحلی همسان استفاده می شود ، که به پشت همدیگر در طول ترمینال قرار می‌گیرند.

خطوط لوله ها ممکن است در یک شیار حفاری شده نصب شوند ، حتی اگر تا اندازه ای گل ولای باشد، این ها اغلب قادرند به طور عملی با عملیات «جتینگ» (عملیات فشار هوا) به سمت پایین فرو روند . نزدیک خود ترمینال شیار باید بیشتر پوشانده شده و پر شود تا از صدمه دیدن خطوط لوله توسط لنگر شناورها جلوگیری به عمل آید .

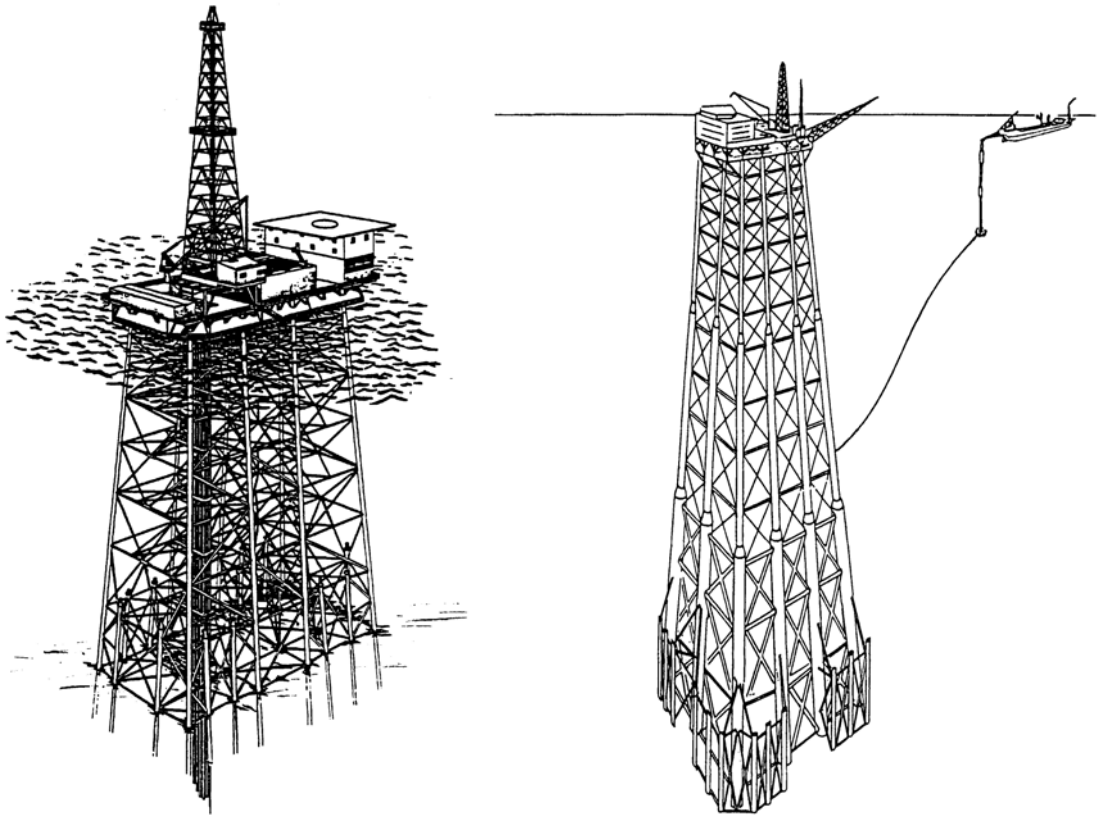
۲-۳ سازه های فرا ساحل

کلیات: این فصل سکوهای معین را که در تمام جهان پخش شد بیان می کند. محدوده های آن از عمق ۱۲ متری آب تا بیش از ۴۰۰۰ متری و از آب و هوای نسبتا ملایم در جنوبی ترین نواحی آسیا تا نواحی دریای شمال گسترش می یابد. بیش از ۴۰۰۰ نوع از این سکو ساخته شده است. جکت ها که مولفه ی اصلی این سیستم می باشند از گستره ی وزن چند صد تن تا بیش از ۴۰۰۰ تن برخوردار هستند. ساختار برای آب های عمیق تر یعنی بیش از ۵۰۰ متر در فصل سوم ارائه شده است.

۲-۳-۱ سکو های فراساحل فولادی

مولفه های عمده ی ساختاری سکوهای ساحلی جکت ها – شمع ها و عرشه هستند. شکل ۲-۵۸ را ببینید. طرح کلی بسیار ساده است: جکت به عنوان یک چارچوب فضایی روی ساحل پیش سازی شده است. سپس به محل جابجا شده و در کف دریا نشانده می شود. آنگاه شمع ها از طریق شیارها در جکت قرار گرفته و به شیارها وصل می شوند. حال عرشه آماده است. جکت ها همچنین برای تولیدات پایانه ای فراساحلی به کار می آیند مخصوصا برای پایانه های بارگیری و دلفین های پهلوگیری.

سکوهای مشخص تولیدی و حفاری برای هدف وجودی خودشان وجود ندارند بلکه تنها از آن به عنوان یک حمایت لازم اما پرخرج برای کاربردهای اولیه یاد می شود که این دلیل اصلی پروژه می باشد. این کاربردها حفرچاه، تولید نفت و گاز، پالایش و تخلیه ی آن به لوله ها، به ساحل و یا سکوهای بارگیری می‌باشد.



شکل۲-۵۸: دو نوع جکت فولادی

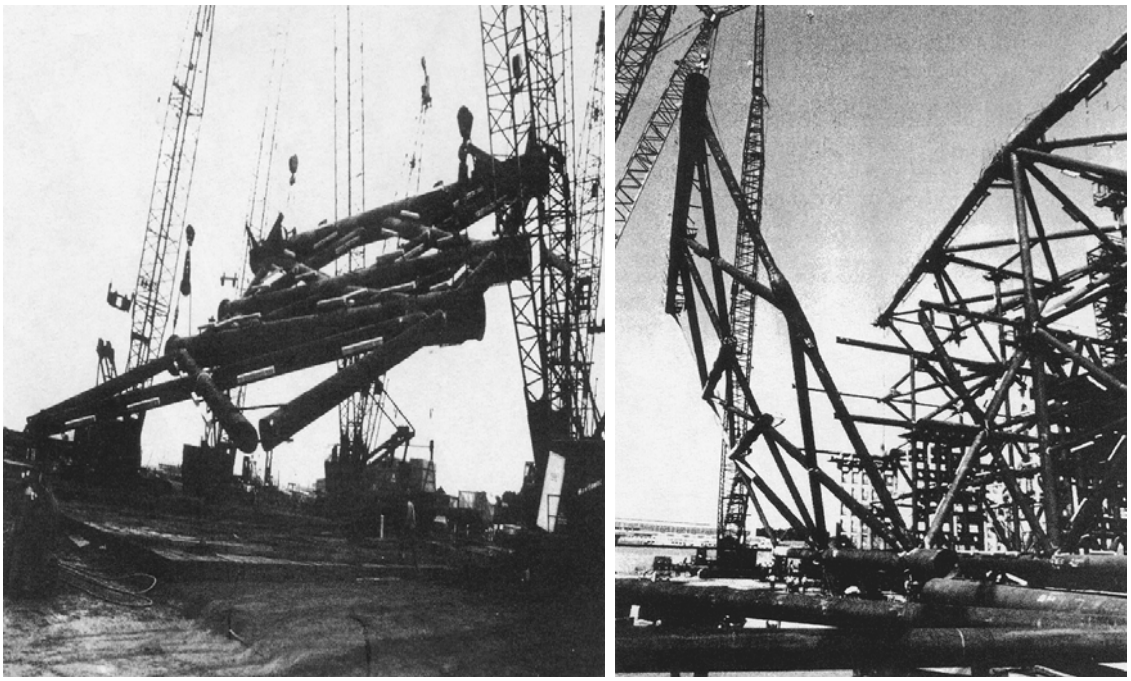
بر روی عرشه جرثقیل و اطاقک حفاری نصب می شوند تا بتوان چاه ها را حفر کرد. اطاقک های پردازش نصب می شوند و همچنین تمام اطاقک های حمایتی لازم برای سکونت ، ژنراتورهای قدرت و آب و فاضلاب، ارتباطات و سکوی فرود هلیکوپتر، جرثقیل هایی برای کنترل طوق حفاری و بدنه ی آن و همچنین تمامی سیستم های استفاده شده ، نصب شده اند. این سیستم ها از بارج و قایق تجهیزات گرفته تا عرشه هایی از قبیل تزریق دوباره ی آب یا گاز نیز ممکن است از سکوها انجام شوند.

مراحل تولید یک جکت برای یک سکوی فراساحلی شامل ساخت ، تخلیه ، انتقال ، به آب اندازی ، راست نشانی و قرارگیری ، ستون بندی نصب عرشه و ساختن اطاقک ها می شود.

۲-۳-۱-۱ ساخت جکت های فولادی

جکت معین به اجزای فرعی تقسیم شده است. بطوری که هر کدام روی سطح خود قرار داده شده اند تا در صورت امکان بعدا به وضعیت اصلی خود چرخانده شوند. این در حالی است که جکت افقی باشد.

برش و جفت سازی تقاطع های لوله ای نیازمند کار دقیق است. در کارگاه‌های مدرن امروزی این برش‌ها بصورت عددی برنامه ریزی شده اند تا از اندازه ی شکاف های نهایی جوش $\pm 3mm$ اطمینان حاصل شود. جفت سازی در صبح زود زمانی انجام می شود که تمام فولاد در دمایی یکنواخت است. چرخیدن آن توسط چندین جرثقیل بزرگ که تعبیه شده اند انجام می شود تا بتوانند ابتدا پایه ی اصلی بیرونی را بلند کنند. آنگاه در حالی که آن سمت بالا می آید بطرف خط میانی جکت حرکت کنند. شکل ۲-۵۹ را ببینید.



شکل۲-۵۹ : چرخاندن اسکلت جکت

این ضروریست که تکیه گاه زیر جرثقیل ها حمایت کافی را دارا باشند. زمانی که عمودی یا در طرح شیبدار باشند، اطراف با طناب نگاه داشته شده اند. سپس تک عضوهای ضربدری (پشت بند) که پایه های تحتانی را به پایه ی فوقانی وصل می کنند نصب و جفت سازی شده و جوش داده می شوند. برای جلوگیری از گسترش اشتباهات انباشته شده بازبینی های روزانه انجام می شوند.

از آنجاییکه وزن جکت باید توسط دو پایه ی کوچک تر یا اعضای طولی یکسان که به پشت بند متصل است تحمل شود، اغلب اوقات حمایت اضافی بصورت عمودی برای این وضعیت موقتی ساخت لازم است.

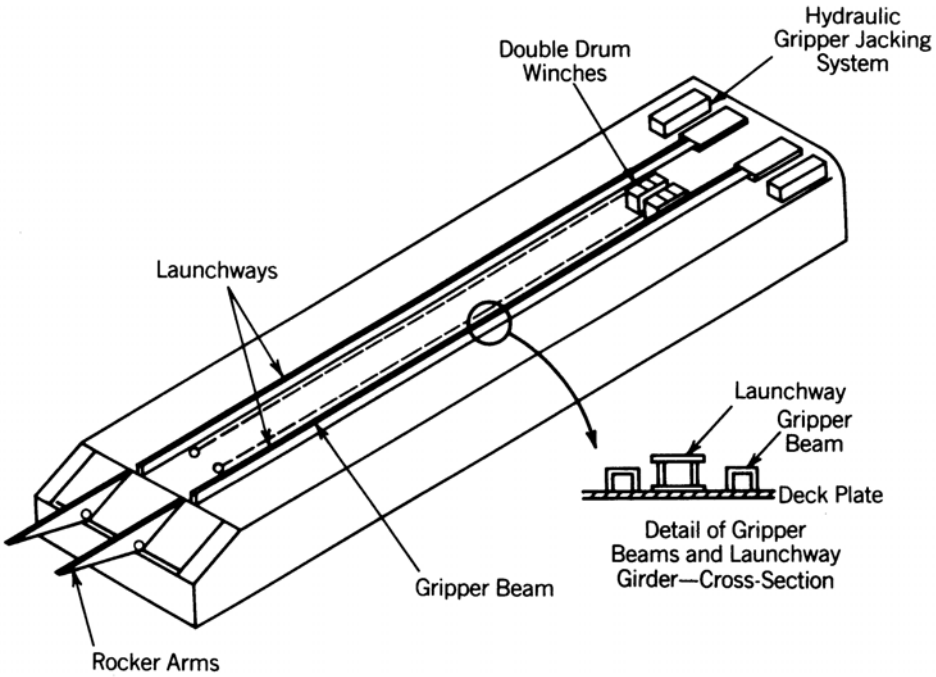
جکت هایی که در نقشه بزرگ می باشند اما تنها در حالات بلند ممکن است در حالت عمودی ساخته شوند. جکت های بزرگ اغلب دارای تقاطع پشت بندی لوله ای بصورت پیچیده می باشند بطوری که از تعداد ۳ تا ۱۳ پشت بند در یک نقطه تقاطع می کنند. این در حالیست که هر کدام باید تمام نیرو را از طریق مفصل انتقال دهد. در اینصورت ممکن است مفصل ها در ابتدا به طوری جزئی به هر پشت بند متصل شده و ساخته شوند تا با یک جوش تحتانی کاملا نافذ اتصال کامل گردد. این نوع الگوی یکسان مفصل های پیش ساخته زمانی کارآمد است که قرار است یک جکت مرکب در نقطه ی دوردستی از ساحل ساخته شود. آنگاه مفصل ها را می توان بصورت جدا انتقال داد و پشت بندها را هر مکان موردنظر جفت سازی کرد. برای مثال پشت بند ممکن است از یک طرف بصورت اریب وار بریده شده باشد و از طرف دیگر ۱۵۰ تا ۳۰۰ میلی متر طول آن امتداد یابد. در مکان ساخت نهایی می توان آن را طوری برید که جفت سازی شود.

تمام اتصالات موقتی مثل قلاب بالابر باید با الگوهای همسان با اعضای همیشگی جوش داده شوند تا موجب ترک یا کمبود HAZ در فولاد اولیه نشود. زمانی که استفاده شان به پایان رسید این اتصالات موقتی می توانند تا 6mm از فولاد اولیه ساخته و سپس تراز شوند.

تمام پرسنل باید کاملا از فاجعه ی شناور نیمه مغروق الکساندر کیلند (Alexander Kjeuand) آگاه باشند. فاجعه ای که در آن یک ورودی موقت که با یک جوش معمولی آببندی شده بود بعدا تبدیل به ترک فرسودگی در پشت بند اصلی شد که باعث واژگونی کشتی و خسارت جانی بسیاری شد.

۲-۳-۱-۲ انتقال و به آب اندازی جکت فولادی

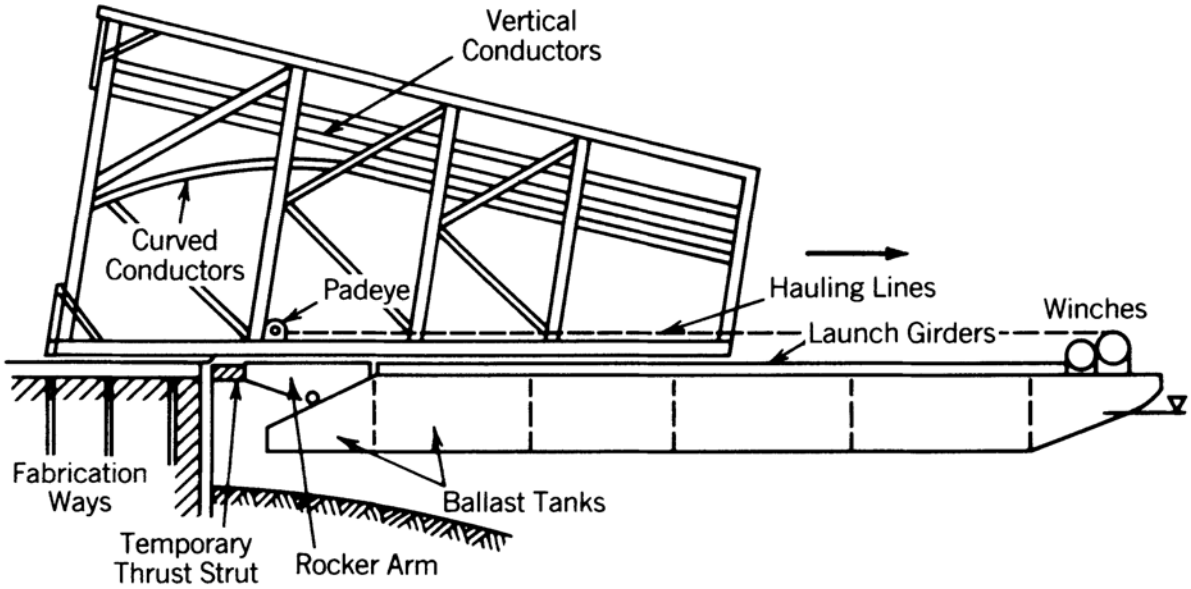
جکت ساخته شده در ساحل، باید به محل انتقال داده شود. مشخصاً آن را بر روی یک بارج به آب اندازی می لغزانند. شکل ۲-۶۰ را ببینید.



شکل ۲-۶۰: بارج آب اندازی

بارج به آب اندازی معمولا در یک لنگرگاه بر روی سطح باریک شنی نشانده شده است. مخازن بالاست آبی بطوری کار گذاشته می شود که برای نگه داشتن کف بارج خالی روی سطح آب حتی در جریان های شدید کافی باشند.

برای جکت‌های خیلی سنگین و جاییکه آب خیلی عمیق‌تر از آنست که بارج به گل بشیند یا جزر و مد بسیار قوی باشد، بارج باید شناور باقی بماند. در این مورد بارج باید بصورت متمادی بالاست شده باشد تا در تراز و ارتفاع متناسبی نسبت به مسیر لغزش در ساحل باقی بماند. این در حالی است که وزن جکت در حالتی فزاینده به درون بارج انتقال پیدا می کند. بهترین راه برای این عمل بالاست کنترلی توسط کامپیوتر است. شکل ۲-۶۱ را ببینید.



شکل۲-۶۱ : انتقال جکت به بارج

استاندارد APA RR2A Sec.4.2 ملزم می دارد که ساختارهایی که بصورت افقی بوسیله‌ی ریل ها یا غلطک های چرخان خطی حمایت شده توسط ارابه به روی بارج انتقال حرکت می کنند، باید برای تاثیرات بارگیری متمرکز آزموده شوند. این تاثیرات حاصل از تغییر در شیب راه ها (ریل ها) و تغییر در اعمال فشار بارج انتقال است که در هنگامی که وزن سازه به روی آن حرکت می کند بوجود می آید.

از آنجاییکه این حرکت در حالت عادی بسیار آرام است نیازی نیست که اثر آن بررسی شود. زمانیکه بارج بارگیری کرد پایان کار لنگرگاه است. جکت به درون بارج هل داده می شود،معمولا این کار بوسیله ی جرثقیل های افقی موجود در انتهای دیگر خود بارج انجام می شود. چون این بصورت خودکار بارج را مقابل لنگرگاه محکم نگه می دارد. راه دیگر این است که بارج می تواند با قدرت در مقابل لنگرگاه مهار شود. این کار توسط طناب هایی انجام می شود که به اندازه ی کافی محکم باشند تا در مقابل نیروی اصطکاک وارده از سوی جکت مقاومت کنند. برای بیرون کشیدن غلاف بروی بارج از جکت میله های پیچی و یا جرثقیل های افقی ساحلی استفاده می شود.

بارج باید در مقابل حرکات متقاطعی که از سوی امواج ، باد و یا دنباله ی قایق های گذری تحریک می شوند محفوظ باشد. در حالی که جکت به روی بارج حرکت داده می شود همترازی جکت باید دقیقاً مراقبت شود. به همین دلیل اغلب ترجیح داده می شود هر وقت مولفه هایی مثل عمق آب این امکان را داد، قبل از باراندازی، بارج آب اندازی را به زمین بنشانند. بارج های بزرگ و جدید آب اندازی مجهز به تانکرهای بالاست چندگانه و ظرفیت پمپ کردن می باشند تا بتواند بارج را در حالت و اعمال فشار مناسب مراقبت کند.

طی عملیات باراندازی جکت بر روی راه های ساخت مورد حمایت قرار می گیرد که معمولا بر هر پایه‌ی داخلی جکت می باشد. این ها همه توسط پلیت هایی محکم کاری می شوند تا همانند شاه تیر توانایی در حمایت وزن جکت را داشته باشند.

اصطکاک اولیه ی جکت روی راه ها (ریل ها) ممکن است به اندازه ی ۱۰٪ باشد. مخصوصاً اگر جکت با وزنش که بصورت ممتد روی راه ها (ریل ها) است عمودی شده باشد. در بسیاری از موارد سازه ی اولیه کمی توسط جک های شنی به بالای ریل ها کشیده شده و انجام می شود.

زمان به آب اندازی غلاف بر روی ریل های لغزان پایین می آید. برای کاهش اصطکاک لغزشی به کمتر از ۱٪ یا حتی بسیار کمتر از گریس چوب های سخت ، روغن های روان کاری روی فولاد یا حتی صفحاتی با سطح تفلون و پر شده از فیبر استفاده شود.

لیستی از عملیات های مربوط به تخلیه ی جکت ها بصورت زیر است:

۱ – آیا جکت کامل شده است؟ آیا سازه برای فشارهای تخلیه روی پایه ی سازه ی واقعی به همان اندازه ای که زمان آب اندازی ساخته می شود تحلیل شده است؟

۲ – آیا راهنماها در پیکربندی یکسان و موقعیت حمایتی که در تفاسیر فرض شده است دارای هر دو حالت راست و خمیده است؟ راهنماها مخصوصا راهنماهای خمیده اغلب اوقات طی عملیات ساخت ساحلی نصب و در قاب جکت ها جاگیری می شوند. از آنجاییکه تصمیمات در مورد تعداد ، جهت و زمان نصب راهنماها، اغلب اوقات طی فرآیند ساخت تغییر می کنند، حمایت و شاخه های تخلیه ی آنها ممکن است با آنهایی که در طرح اولیه وجود داشت، فرق می کند.

۳ – آیا بارج به آب اندازی بصورت کاملا امنی به لنگرگاه مهار شده است تا از حرکت آن طی عملیات باراندازی جلوگیری شود؟ آیا بارج در برابر حرکات کناره ای بصورت مناسبی مهار شده است؟

۴ – اگر پایه های کمپرسی در بین ریل های بارج و مسیر های ساخت استفاده شده اند، آیا آنها کاملاً صاف ایستاده اند؟ و حمایت می شوند تا در هنگام آب اندازی ضربه نزنند؟

۵ – آیا طناب های کششی ، بست ها و حلقه های ثابت پل برای حصول اطمینان از این که بصورت متناسبی نصب شده اند و امکان گره خورد نشان به یکدیگر در طی عمل تخلیه وجود ندارد بازرسی شده اند؟

۶ – آیا بارج بصورت مناسبی بالاست شده است؟ اگر جهت جریان ها در حین تخلیه متغیر باشد آیا تمهیدات تعادلی پیش بینی شده است؟ آیا هنگامی که وزن جکت وارد بارج می شود تعادل حفظ خواهد شد؟ آیا کنترل کافی وجود دارد؟

۷ – اگر ایجاد تعادل برقرار است مکررا و بصورت گام به گام همانطور که جکت به آب انداخته می شوند انجام شده؟ آیا نقاط معلوم شده‌ای وجود دارد که هر نقطه‌ی ایست را بصورت شفاف نمایان کند؟

۸ – اگر تخلیه در آبراه های فعال یا بالقوه فعال انجام می گیرد آیا گارد ساحلی از اینکه «هیچ گونه ترافیکی نباید از سوی زیردریایی ها در منطقه ایجاد شود» آگاهی دارد؟ آیا قایقی در محل قرار گرفته است که به رزم ناوهای شخصی یا یدک کش هایی که از ممنوعیت عبور بی خبرند آگاهی دهد؟

۹ – آیا یدک کش ها در منطقه حضور دارند؟ آیا یدک کش های ذخیره یا موجود در منطقه هستند تا در صورت خرابی یک یدک کش جایگزین آن شوند؟

۱۰ – آیا وضعیت آب و هوایی کنترل شده است؟ بادهای طوفانی از آنجا که وقوع شان ناگهانی است بسیار خطرناکند.

۱۱ – آیا خطوط ارتباطی نظارت و کنترل تعیین شده اند؟ آیا کانال های مخابراتی کنترل شده اند؟

۱۲ – آیا به نقشه بردارهای دریایی اعلام آگاهی شده که حاضر باشند؟ یا به نمایندگان سهام داران؟ یا ماموران ممیزی؟ آیا مجوزهای آنان دریافت شده است؟

زمانی که جکت روی بارج است ، بارج باید در دریا بالاست شده باشد. طی عملیات تخلیه بسیاری از تانکرها تنها تا قسمتی پر می شوند تا موجب کنترل بالابری عرشه و خط آبخور شود.

حالا که جکت کاملا بر روی بارج حمایت می شود این ملاحظات دیگر فعال نیستند و تانکرها می توانند برای تناسب نیاز سفر دریایی بالاست شوند.

تانکرها باید در حالت عادی یا کاملا « تحت فشار » باشند یا در غیر این صورت ، کاملاً خالی تا تاثیرات سطح آزاد و گل و لای را برطرف سازند. طرح ها و عرشه های روی ساختمانی با دقت خاصی انتخاب می شوند تا پایداری را به بیشینه برسانند و مخصوصا از غوطه ور شدن پایه های دکل مانند، در دریا به هنگام برعکس شدن بارج جلوگیری کنند. برای بهینه سازی سرعت یدک کشی و دادن پایداری جهت دار طی یدک کشی بالاست می شود. معمولا بارج در قسمت عقب دچار تریم پاشنه می گردد. تذکرات بالا وقتی داده می شوند که بارج هیچ محدودیتی در عرشه ی باراندازی به دریای آزاد نداشته باشد.

بسیاری از دگرگونی های جالب در خندق ها و کانال های میان خشکی رخ داده که با آن باید به عنوان عملیات های مکان مشخص و جکت مشخص برخورد شود. مثال هایی از آن بصورت زیر است:

۱ – عمق کم آب ممکن است خط آبخور را محدود ساخته و یا حتی تریم را ضروری می سازد.

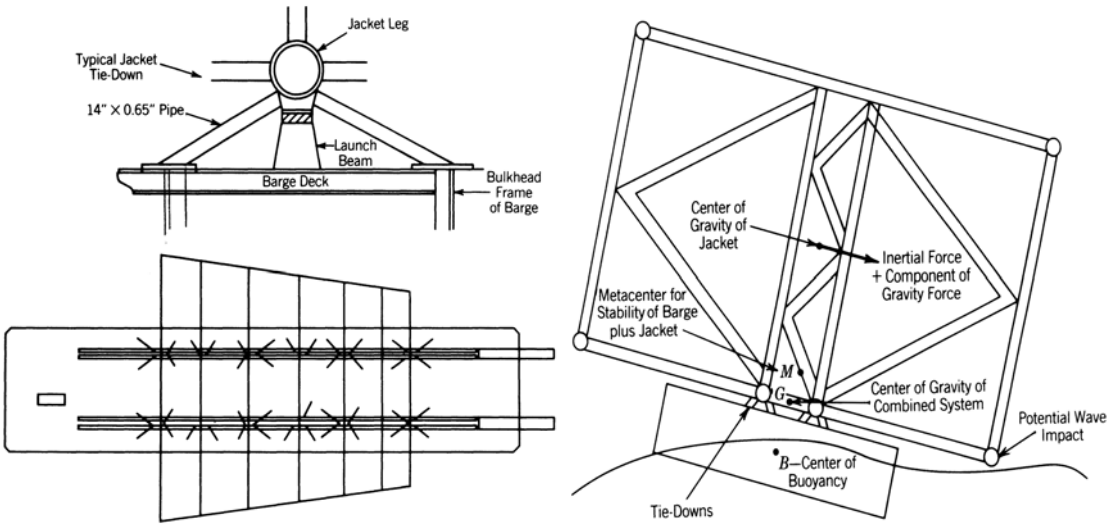
۲ – در یک کانال باریک ممکن است نیاز داشته باشد که پایه های آویزان جکت به اندازه ی کافی بلند باشد تا از لغزش قایق ها و یا حتی ضربه زدن به لنگرگاه ها جلوگیری نماید.

۳ – پل های ثابت ممکن است ارتفاع را با محدودیت روبرو کرده و یا نیاز بالاستینگ به طرح های عمیق تر و یا گهگاهی به کاهش شدید زاویه توسط پاشنه بارج و یا حتی تا حد آب پوشی پاشنه قایق را به همراه آورد.

۴ – جز و مد را می توان طوری انتخاب کرد که بیشترین فایده را در این وهله ی بحرانی داشته باشد. جریان های جزر و مدی نیز باید به حساب آورده شوند و همچنین ظرفیت های یدک کش های احتیاطی باید در دسترس باشند تا یدک کش ها بیکار مانده و اگر شرایط مناسب محیا نشد به عقب بکشند.

۵ – بادها از اطراف باعث کج شدن بارج می شوند. اگر وسعت پایه های جکت زیر m ۵۰ باشد آنگاه حتی یک باد با زاویه ی ۲ درجه نیز می تواند باعث m ۱ افزایش ارتفاع پایه ی جکت شود یا احتمالا افزایش نیم متری در خط آبخور. زمانی که این محدودیت ها رفع شد آنگاه بارج را می توان برای دریا بالاست کرد.

۶ – بارج علی رغم استحکامش یک عضو انعطاف پذیر است. مشخصا جکت هم از بارج محکم تر است. بنابراین تنظیم تعادل بارج باید ترجیحا با تقدم مفصل آن برای شرایط دریا انجام شود. اگر یک روش بالاستینگ برای یدک کش کانال درونی استفاده شد و روش دیگری قرار است برای دریا استفاده شود مفصل ها باید در حین تغییر در بالاست آزاد شوند تا از اعمال عیب های زانویی روی پایه های جکت جلوگیری شود. مفصل ها پس از بارگیری و ورود به دریا نصب می شوند. شکل ۲-۶۲ را ببینید.



شکل۲-۶۲ : مفصل های اتصالی جکت و بارج

نیروهای اینرسی معلول شتابی است که در حرکت عمودی چرخش در راستای محور طولی و چرخش در راستای محور عمودی وجود دارد،از این رو وابسته به مدت زمان واکنش بارج با جکت سوار بر آن است. بارهای گرانشی وابسته به بیشینه ی زاویه ی شیب چرخشی در راستای محور عمودی یا زاویه ی چرخشی در راستای محور طولی است. اگرچه بارهای بادی در حالت عادی قسمت کوچکتری از بار کل را تشکیل می دهند، اما آنها نیز باید مورد توجه قرار گیرند.

برای یدک کشی های کوتاه مدت در دریاهای ملایم معیارهای زیر برای طراحی مفاصل مورد استفاده قرار گرفته اند:

- میدان نوسان واحد چرخش در راستای محور طولیroll ، ۲۰ درجه.

- میدان نوسان واحد چرخش در راستای محور عمودی pitch، ۱۰ درجه.

- دوره ی چرخش در راستای محور طولی یا عمودی – ۱۰ ثانیه – میدان نوسان ۲ برابر.

- نیروی حرکت عمودی heave ، ۰/۲ g

آنگاه بار طراحی شده از حاصل جمع حرکت عمودی بعلاوه ی چرخش در راستای محور عمودی یا حرکت عمودی بعلاوه ی چرخش در راستای محور طولی بدست می آید.

برای یدک کشی های دور برد یا یدک کشی هایی که در فصل های طوفانی استفاده می شوند، مطالعات ویژه ای باید بر شرایط آب و هوایی صورت گیرد تا برآیند نیروهای ترکیبی اعمال نفوذ گردد. آزمایش های نمونه ای انجام شده در هر دو شرایط دریایی همواره نیازمند اندازه گیری حرکات و نیروها برای سرفصل های مختلف قایق است. مقیاس های معین نمونه ۵۰: ۱ یا بزرگتر هستند.

برنامه های کامپیوتری ساخته شده اند که کاملاً مانند عملیات واقعی با آزمایش های نمونه مرتبط شده اند. آنها زمانی که برای جکت های نسبتا استاندارد بر بارج های متداول مورد استفاده قرار می گیرند، کاملاً قابل اعتمادند.

اگر قرار است در حین یدک کشی با هوای سرد مواجه شود آنگاه چفت و بست دریایی باید از جنس فولاد (استیل) ساخته شده باشد تا تحت تاثیرات حرارتی کارکرد مناسبی از خود نشان دهند. مفصل ها ساختاری هستند که جکت را به بارج متصل می کنند. بنابراین نقاطی که آنها در آن به جکت متصل می شوند نیز باید قادر به پایداری در مقابل این نیروها باشد. همچنین ساختار بارج که مفاصل به آن وصلند باید استحکامی مناسب داشته باشند. معمولا این به معنای فرو رفتن آن در عرشه و بوجود آوردن اتصالی برشی به یک تیغه ی درونی یا حتی به کناره های بارج است. خودفرورفتگی هم باید بگونه ای آب بندی شده باشد تا از ورود آب جلوگیری کند.

طناب های سیمی معمولا برای مفصل ها غیر قابل استفاده اند و زیر بارهای نوسانی طناب سیمی کشیده می شود و شل و سست می گردد. به همین دلیل جایی که انعطاف پذیری خمشی مورد نیاز است زنجیر بکار می رود. گوِه ها حتی با این که در تنگنایی فرو رفته باشند باید در جای خود جوش داده شوند. در غیر اینصورت آنها ممکن است زیر بارهای مکرر شل شوند. علی رغم همه‌ی این ها در تعداد بسیاری از موارد اجزای ساختاری ثابتی همچون لوله های محصور شده ی سنگین مورد استفاده قرار می گیرند و به محکمی به بارج جوش داده می شوند. بارهای سوراخ کننده روی عرشه ی بارج می تواند با سینی های دوگانه محکم کننده ها و یا شاهتیرهای مقاوم در سازه توزیع شوند.

جک های آب های کم عمق مانند آنهایی که در پایانه های ساحلی بکار گرفته شده اند کوتاه و پهن هستند. آنها اغب اوقات ممکن است تخلیه شده و هنگام اتصال آنها را بصورت عمودی – نه روی سطح جانبی – قرار دهند. در اینصورت آنها ممکن است با حمایتی که از تیرآهن های فولادی زیر یا در طول پایه‌های جکت می شود به روی بارج سرانده شوند. از آنجاییکه وزن اینگونه جکت ها معمولا کمتر از ۱۰۰۰ تن است، نیروهای تخلیه ی بار بیش از اندازه نیست. با این حال چون شاهتیرهای به آب اندازی روی جکت موقت اند، باید برای گریز از تمرکز احتمالی بار و همچنین برای تسمه بندی شبکه ای کنترل شوند، حمایت جانبی مناسبی باید ارائه شود. روی عرشه تاثیرات واکنش بارج باید همانطور که تاثیر این واکنش‌ها به بارهای روی تیرآهن های موقت بازبینی می شود، به طور کامل کنترل شود. چونکه بارگذاری حالا دارای مولفه های افقی خواهند بود و شبکه ی تیرآهن ها دیگر همواره عمودی نخواهند بود.

سومین روش تخلیه ی بار به شیوه‌ی خود شناوریست. در این مورد جکت در یک حوضچه ی تعمیر کشتی یا یک آبگیر کم عمق ساخته می شود. در یک طرف پایه ها از لحاظ قطر بزرگتر ساخته می شوند تا دارای خاصیت شناوری برای کل جکت باشند. متعاقبا ممکن است پایه های اضافی یا تانکرهای شناوری ارائه شوند. بدینسان که برای مثال اگر ۲ m قطر پایه‌ی بکار رفته برای اهداف ساختاری مورد نیاز باشد، قطر پایه های یک طرف ممکن است ۸ یا حتی ۱۰ متر باشند تا به جکت خاصیت شناوری مورد نیاز را بدهند تا جکت خود شناور باشد.

این سیستم بصورت موفقیت آمیز در بسیاری از سکوها بکار رفته است؛ به عنوان نمونهدر سکوی ساحل کالیفرنیا ، برنت A ، تیستل ، نینیان جنوبی ، سکوهای مانگوس در دریای شمال، سکوی مائویی A در نیوزلند و همچنین در پایانه ی فراساحلی رودخانه ای در آلاسکا.

کد عملی موسسه ی استاندارد بریتانیا BS6235 برای مسئله تاکید می کند که اطمینان کامل از اطلاعات در زمانی که جکت های خود شناور در یک حوضچه ی تعمیرات یا یک آبگیر ساخته شده اهمیت بالایی دارد. آنگاه زمانی که آبگیر بروی دریا باز می شود ساختار در جزر بعدی دریا به گل می نشیند. برای اطمینان از این امر، ساختار معمولاً به شناوری منفی بالاست خواهد شد، قبل از اینکه حوضچه یا آبگیر کاملا وارد دریا شود. بگونه ای که تا روز خروج، روی حمایت هایش باقی بماند. آنگاه در هنگام مد دریا از حالت تعادل خارج شده و زمانی که آب به بالاترین سطح خود می رسد کاملاً شناور می شود.

مجدداً شناوری موقت به شکل یک جزء شناور بادی که بصورت موقت به ساختار جکت متصل شده است محیا شود و بعدا پس از نصب جکت از آن جدا می گردد. این سیستم بصورت موفقیت آمیز در سکوهایی برای میدان" BP فورتیس" (BP Forties) در دریای شمال و سکوی"رانکین A "(Rankin A) در استرالیا بکار برده شد. این دیگر یک عملیات رایج شده است که تانکرهای موقت شناوری به عنوان قسمتی از جکت شود. برای مثال برای سکوهای "هیتر" (Heather) در دریای شمال و یا "یورکا" (Eureka) در ساحل کالیفرنیا از این سیستم برای تجهیز فرماندهی و استنثانی و جایگذاری استفاده شده است.

اشکال بدیهی روش انتقال خودشناوری افزایش در قطر همیشگی پایه های جکت و نیروی افزایش داده-شده ی امواج و زمین لرزه است که در طول کارکرد تولید می شود. فواید بدیهی آن حذف نیروهاییست که هنگام تخلیه ی بار و به آب اندازی اعمال می شوند. همچنین هزینه ی همه ی این عملیات ها ، نیاز به بارج آب اندازی و مفصل ها (چفت و بست های دریایی) نیز حذف شده است.

استفاده از تانکرهای شناوری موقت یا شناورهای بادی بسیاری از اشکالات طرح را رفع می کند، اما مشکلات جدیدی را اعمال می کند؛ از قبیل ساخت اتصالاتی موقت که نه در اثر نیروها حین انتقال و نصب از بین بروند، نه در محیط آب نمک دچار تسریع فرسودگی و خوردگی شوند، در عین حال آماده باشند که زمانی که جکت نصب و به کف دریا متصل شد براحتی از آن جدا شوند.

با طراحی مناسب صورت گرفته تانکرهای خودشناور می توانند نقش تنه ی بارج را ایفا کنند که توسط قاب کلی جکت محکم کاری شده اند. واکنش چرخش در راستای محور طولی بوسیله ی وسعت پهنای مشخص پایه ها به حداقل رسیده است. سکوی" مائویی A " (Maui A) در مسیر ژاپن به نیوزیلند بصورت موفقیت آمیز یک گرد باد سخت در دریای چین را با کمترین صدمه ای از سر گذراند. جکت های خودشناور در روش های به آب اندازی و ورود به آب دقیقاً همانطور که برای یک کشتی انجام می شود، اجرا می گردند. در حین به آب اندازی مسلماً چندین فشار سخت از سوی خمیدگی ها وارد می شود زیرا برای مدت کوتاهی قسمتی از جکت از سوی شناوری حمایت می شود. حتی خطر جدی تر از آن هم ممکن است نیروهای متمرکزی باشند که از سوی تکیه گاه روی انتهای فوقانی جکت طی مدتی که جکت بسوی بالا و در انتهای بیرونی اش می چرخد وارد شود.

البته در به آب اندازی جانبی به هنگام آب اندازی بار کمتری ایجاد می شود. یک جکت خودشناور باید برای نشست و پناه جویی از واکنش های دریا اندازه گیری شود. قسمت اول ایجاد خمیدگی و قسمت دوم انقباض. پایه های بزرگی که شناوری روی آنها انجام می گیرد باید برای فشار آب و تقسیم درونی مجدد ارائه شده و به همان شدتی که برای بارج انجام می گیرد، بازبینی شود.

یدک کشی بارج به آب اندازی با جکت روی آن یا یدک کشی یک جکت خود شناوری باید با دقت بسیار برنامه ریزی شده باشد. از آنجاییکه سرعت های یدک کشی ذاتا کم هستند یک سفر تحویلی ممکن است تا ۳۰ روز یا بیشتر نیز طول بکشد. این مدت این امکان را برای یدک کش بوجود می آورد که در راه حداقل با یک طوفان تابستانی بزرگ مواجه شود.

معمولا دو مسیر پیش روی انتخاب می شود. این عمل برای این است که: طوفان ها و آب و هوای ناسازگار را به حداقل برساند در صورت امکان از مسیر های مغشوش دوری شود و همچنین از جریان های ساخت نهایت استفاده برده شود. اغلب اوقات برای حصول اطمینان کامل در هنگام خرابی ها و یا برای کنترل بهتر یدک کشی در فواصل نزدیک از ۲ یدک کش استفاده می شود. در هر وضعیتی به همراه داشتن یک بارج اضافی در دریا هوشمندانه تر است. مسیرهای دوگانه نیز برای داشتن فضای مطلوب به عنوان پناه گاه در هنگام مواجهه با طوفان های سهمگین طراحی شده است.

توصیه ی استفاده از امکانات منبعی موثق برای اطلاعات آب و هوایی و مسیرهای اقیانوسی نیز در حالت عادی باید اجرا شود تا بهترین و مطلوبترین مسیریابی برای یدک کشی انجام گردد اولا از لحاظ امنیتی که اشاره ایست به دوری از طوفان‌ها، ثانیا از لحاظ کاهش اتلاف وقت در انتقال. چنین امکاناتی معمولا توصیه‌هایی روزانه را به کارفرمای یدک کشی هم در مورد اطلاعات آب و هوایی ۷۲ ساعت آینده و هم در مورد تغییرات احتمالی آن در هنگام مسیریابی می دهد. در عوض کارفرمای یدک کشی هم توصیه هایی از خدمات مسیریابی اقیانوسی در مورد مکان ، سرعت ، جهت ،آب و هوا و وضعیت دریا ارائه می دهد.

در تعیین اندازه ی قایق یدک کشی قسمتی از آن از روی قدرت اسب بخار و کشش بولارد (bollard) آن و قسمتی هم از روی تنه ی خود آن انجام می گیرد. برای یدک کشی های طولانی مدت در دریای آزاد قایق باید دارای طول و خط آبخور بالایی باشد.

برعکس برای کار در کانال های شلوغ و در مجاورت دیگر سازه ها قایقی کوچک با پایین ترین سطح آبخور و دارای نیروی کمینه موتور مطلوبست. برای یدک کشی های در دریای آزاد و طولانی مدت قایق باید قادر به کشیدن بارج در طول مسیر با سرعت تقریبی ۲ تا ۳ گره و مواجهه با بادی ۴۰ گره ای و جریانی ۱ گره ای باشد.

تحت طوفان های سهمگین قایق باید قادر به پیشروی باشد حتی اگر سرعت رو به جلو صفر یا منفی باشد. در بعضی شرایط قایق یدک کش ممکن است یدک کشی ها را رها سازد تا به آن آزادی تحرک بدهد تا هنگامی که قایق طوفان را از سر می گذراند خود بسوی پناه گاه حرکت کند. زمانی که طوفان فروکش می کند قایق یدک کشی را از سر می گیرد. این دلیلی است برای داشتن طناب کشنده ی نایلونی یا شبیه آن بطوری که بشود در دریای ملایم توسط قایق یدک کشی برداشته و برای کشیدن آن و حلقه‌ی اضافه برای ساخت اتصال یدک کشی استفاده شود. در کانال های باریک جایی که جریان های جزر و مدی ممکن است مخالف و فریب دهنده باشند یا در مجاورت جزیره ها و خشکی هایی که بادهای طوفانی از سوی آن می وزند قایق های بزرگتر و گاهی تعداد بیشتری از قایق ها مورد نیازند.

زمانی که سکوهای" فورتیس B " از موری فیرث در شمالی ترین نقاط اسکاتلند به بیرون یدک کشی شد، ۲ یدک کش کشنده، توسط ۲ یدک کش فرمانده همراهی می شدند که آن را در آب از عقب می کشیدند تا بتوانند سرعت جکت خودشناور را کم و یا جهت آن را عوض کنند.

دریچه ی اطاقک موتور باید با احتیاط تهیه و تدارک دیده شود تا در وضعیتی که آب وارد آن می شود آن را از پاشنه قایق تخلیه کند.

به دلیل مرکز جرم بالای جکت و همچنین بدلیل تاثیر ضربات شدید احتمالی ناگهانی، آن هم در صورتی که پایه ی آویزان جکت توسط تیغه ی موج غوطه ور شده باشد، پایداری در مقابل واژگونی قسمت اعظمی از طراحی برای جکت روی بارج می باشد. ارتفاع توازن یا استقرار نقطه ای (متاسنتریک) تنها برای زوایای لیست کم، ملاک معتبری می باشد. از آن می توان به عنوان اولین تخمین برای هدف هایی چون تعیین شتاب و پایداری یاد کرد. برای نجات از طوفان و اطمینان کافی از پایداری در مقابل واژگونی باید اهمیت قائم نگه داشتن برای مقابله با زاویه ی نمودارهای هیل آماده شود. از محاسبات براساس مرکز جرم بارج ، بالاست و جکت که برای تاثیرات سطح آزاد هر قسمت نیمه پر اصلاح شده است، نمودار اهمیت قائم نگه داری استخراج می شود که نشانگر مقاومت به بیشینه چرخش است.

زاویه ی آبگیری (Down – Flooding) مقداری است که در آن زاویه آب وارد دریچه های تانکرهای بالاست می شود. برای ایجاد امنیت بیشتر در برابر چنین اتفاقی در صورت صلاحدید نقشه برداری دریایی دریچه ها باید بعد از اینکه بالاست برای سفر دریایی کامل شد پوشش داده شوند.

یک هشدار: دریچه ها باید در طول عملیات بالاست باز و بدون پوشش باشند در غیر این صورت فشار بیش از حد و به دنبال آن صدمات ساختاری روی خواهد داد. بعد از آن دریچه ها تا زمان بازگشت بارج به بندرگاه پوشش داده می شوند. این پوشش ها باید به رنگ قرمز باشند.

با جکت های بسیار بزرگ و پراهمیت کنترل وزن بسیار سخت گیرانه کار می شود هم با هدف انتقال و مخصوصاً هم برای به آب اندازی. این ها شامل اندازه گیری قطر درونی واقعی تمام اجزای لوله ای و ضخامت های دیوارها می شود. دومین مورد معمولا در نزدیکی حد بالای تلرانس یافت می شود. چفت و بست های دریایی، راهنماهای هادی، پنل های ابزاری، پوشش های گل و لای و... همه باید در محاسبات در نظر گرفته شوند.

مواد جوش یک مشکل مهم را بوجود می آورند. محاسبات باید بر پایه ی پروفیل های جوش های نمونه انجام شوند، که خود معمولاً بسیار بیشتر از حداقلی هستند که در طراحی ها نشان داده می شود. دلیل چنین جزئیاتی اهمیت تاثیری است که یک وزن اضافی کوچک دارد وقتی که بر سطح بالایی جکت وارد می شود که احتمالا آن عنصر KG اش معادل ۵۰ متر می باشد.

قبل از ترک بندرگاه معمولا آزمایش شیب توسط نقشه بردار دریایی مورد نیاز است. یک وزنه ی معین روی عرشه گذارده می شود و در یک مسافت معین روی خط مرکزی حرکت داده می شود. اینجاست که از زاویه ی هیل استفاده می شود تا ارتفاع توازن نقطه ای (متاسنتریک) GM بدست آید که از آن می توان موقعیت مرکز عمودی KG را بدست آورد. KB و دیگر فاکتورهای معادله I و V ویژگی های هندسی هستند که با اندازه گیری دقیق آبخور در هر چهار نقطه ی کناری بارج بدست می آیند. این امر بعد از حصول اطمینان از عدم تماس قسمت های داخلی با سطح آب است.

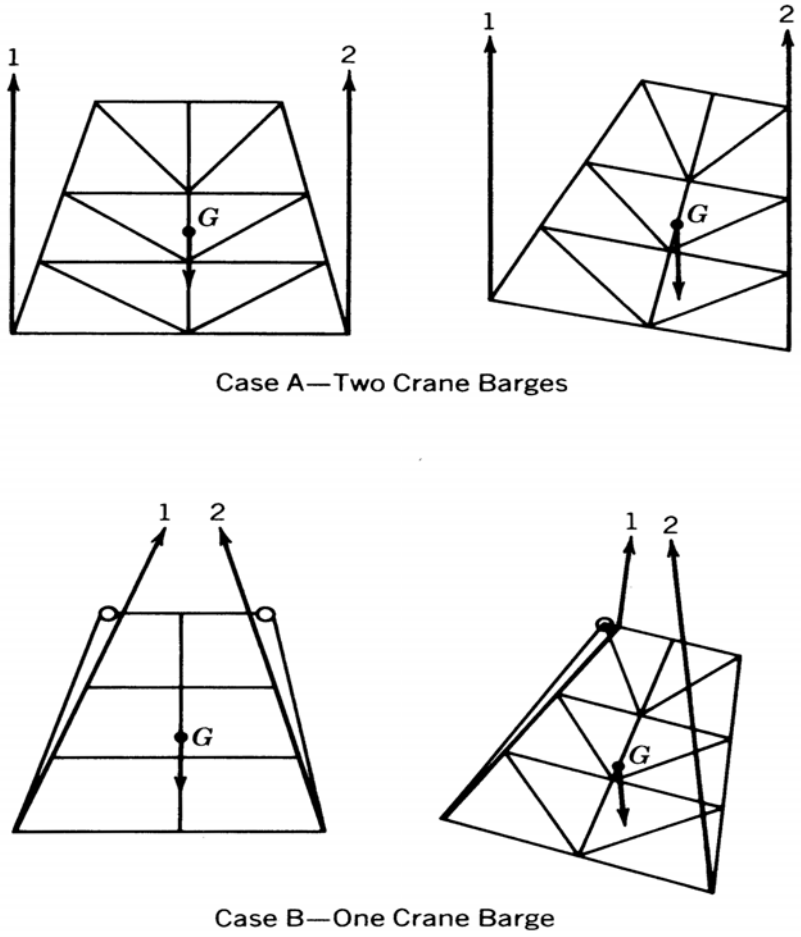
نقشه برداران دریایی بصورت فزاینده ای در مورد پایداری تحت شرایط آسیب دیده زمانی که یکی از قسمت های خارجی بارج غرق آب شده باشد ابراز نگرانی می کنند. این اتفاق ممکن است هنگام تصادف یکی از قایق های یدک کش یا از برخورد قطعات یخ یا مخروبه های باقی مانده و یا از ترکیدن لوله ای در قسمت بالاست رخ دهد. تکامل پایداری و هیل تحت این شرایط معمولا در زمان فروکش کردن یا زمان یک باد ملایم است و ممکن است ملاکی را در نظر گیرد که لبه ی کم ارتفاع نباید زیر آب برود. این حاکی از آن است که بالاترین نقطه ی منحنی اهمیت قائم نگه داری تحت چنین شرایطی نباید متجاوز می شد.

همانطور که قبلا گفته شد برنامه های کامپیوتری ای ساخته شده اند تا بتوان ترکیب بارهای روی بارج حامل جکت را طی یدک کشی اقیانوسی و تنش ایجاد شده بین این دو جسم را پیش بینی کرد. یکی از این ها بنام OTTO ساخته ی نوبل دنتون(Noble Denton) و اتحادیه ی اسوشییت (Associate.Inc) حداکثر تنش در هنگام یک طرح طوفان و همچنین فرسودگی حاصل از بارگذاری دوره ای (نیروهای دوره ای) در طول کل یدک کشی را پیش بینی می کند. این برنامه نیروهای قوای جاذبه و شناوری، نیروهای باد و جریان ها، نیروهای اینرسی اعمال شده توسط امواج و نیروهای فشار هیدرودینامیکی اعمال شده توسط امواج را حساب می کند. فرسودگی طی عملیات یدک کشی بدلیل طولانی تر شدن یدک کش ها با صعب العبور شدن راه های دریایی و با جکت های بزرگتر که دارای اینرسی بیشتری هستند تبدیل به یک معضل روزافزون شده است. برای مثال طی عملیات یدک کشی جکتی از ژاپن به کالیفرنیا دشواری های بسیاری ممکن است باعث به پایان رسیدن نسبت قابل توجهی از تحمل فرسودگی کل سازه شود. این مخصوصا در مورد جکت های خودشناور معضلی بحرانی محسوب می شود.

در هنگام یدک کشی جکت در آب های نیمه محدود مثل دریای شمال برنامه ریزی محتمل الوقوعی باید انجام گیرد. این برنامه باید شامل تخصیص نواحی طوفان خیز با برنامه ای برای ادامه از منطقه ی A به منطقه ی B و... باشد که فقط براساس گزارش های آب و هوایی مناسب ریخته شود.

جکت هایی بوده اند که از بین رفته اند. در یکی از این موارد جکت تحت یدک کشی از اسکاتلند تا برزیل بوده که در مدت زمان کوتاهی پس از شروع سفر در دریای شمال فرو رفت. تاثیرات چنین خسارتی از ارزش خود غلاف نیز متجاوز می شود. این خسارت شامل درآمد حداقل یک سال نصب این میدان می باشد.

در بیشتر خسارات جکت ها دو دلیل دیده می شود: یا چفت و بست های دریایی گسسته شده اند که این باعث افزایش نیروی اینرسی و تغییر ساختار جکت می شود و یا عرشه قدرت منبع دخول آب را از دست می دهد که این نیز معمولا در قسمت های چفت و بست های دریایی صورت می گیرد اما گاهی هم در معابر و راهروها و یا دریچه ها دیده شده است. این مشکل باعث ورود آب به کشتی و نتیجتاً فقدان پایداری می شود. معابری که قسمتی از آن زیر پایه ی جکت مخفی است تقریبا همواره یکی از دلایل این خسارات است. جکت های کوچک برای آبهای کم عمق اغلب به طور مستقیم توسط یک یا دو جرثقیل روی بارج از بارج بالا برده شده و روی بستر دریا نصب می شود. تسمه زنجیری به آن وصل شده و سپس با تسمه مهار می شود. اتصالات موقتی تیر حائل آزاد می شوند. (به شکل ۲-۶۳ نگاه کنید).



شکل۲-۶۳: بلندکردن جکت با قلاب متصل شده به مرکز گرانشی

جاهایی که خیزآبها (امواج تولیدی توسط باد) با پریود طولانی‌تر در آب های کم عمق تقویت شده و کوتاه تر می شود، اختلاف حرکت قابل توجه ممکن است بین بارج جرثقیل دار و بارج بارکشی رخ دهد.

سستی مناسب باید در خطوط مهار در طی دوره رهاسازی جکت ها ایجاد شود. عملیات رهاسازی باید به دقت طرح ریزی شود تا از به مخاطره انداختن پرسنل جلوگیری نماید زیرا اکثر رهاسازی ها باید به طور دستی انجام شود. تیرهای راهنمای عمودی کوتاه ممکن است در محل باربرداری برای جلوگیری از تغییر مکان جانبی جکت در حین رهاسازی، نصب اولیه شوند.

این تیرهای عمودی عرضی تقویتی می توانند قسمتی از قاب اتصالی را شکل دهند. آنها باید بقدر کافی در مقابل فشار مقاومت کنند. همچنین جکت ممکن است خفت زنجیری (Chain Stopper) که عامل تکمیل کننده اتصالات هست داشته باشند. وقتی اتصالات اولیه بریده شود خفت زنجیری جکت را از پهلو ثابت نگه می دارد. سپس این زنجیرها می توانند به طور کنترل شده توسط قدرت انفجاری منفصل شوند. همچنین می توان پین های عملیاتی هیدرولیکی را شکست. بند مهار جکت در بالای مرکز گرانشی جکت وصل شده تا جکت بالا برده شده به طور کمابیش عمودی آویزان شود. در این مورد فقط این ضروری است که سعی شود تا جلوی یک گروه امواج و خیزآب های پایینی را گرفته، سپس بارج ها به سرعت شروع به بلند کردن سر جکت ها کنند. زمان خطرناک در اولین قله موج پس از بلند کردن از زمین است که در این زمان ممکن است جکت به بارج یا ستونهای حایل برخورد نماید.

بنابراین این ستون ها باید فقط ارتفاع مینیمم ضروری برای جلوگیری از جابجایی اولیه در طی رهاسازی را داشته و جوش صفحات پشتیبانی مایل در سرتاسر نوک برای کاهش دادن تورفتگی بتن، اگر پایه جکت به آنها در قسمت بالا تماس حاصل نماید، داشته باشد.

بعضی اوقات بلندی ارتفاع جکت نسبت به طول بازوی جرثقیل از بلند کردن مستقیم آن از نقطه بالای مرکز گرانشی جلوگیری می نماید. بندهای مهار باید زیر مرکز گرانشی وصل شوند تا یک زاویه قابل قبول وسیعی را بدست بیاورد. این یک روش، بالابری ناپایداری دینامیکی است که اگر نیرو دوران کند ممان راست کننده (گشتاور راست کننده جکت) کاهش می یابد.

این باید تشخیص داده شود که نیروی یکپارچه متناسب قوی جکت ممکن است در یک بند مهار و یک نقطه نصب آن واقع شد،ه قاب جکت را تحت تنش (فشار) شدید دگرگون سازد. این چنین بالابری های بحرانی باید به عنوان مثال به وسیله دو بارج جرثقیل دار که از طرف روبرو جکت را بلند می کنند انجام شود.

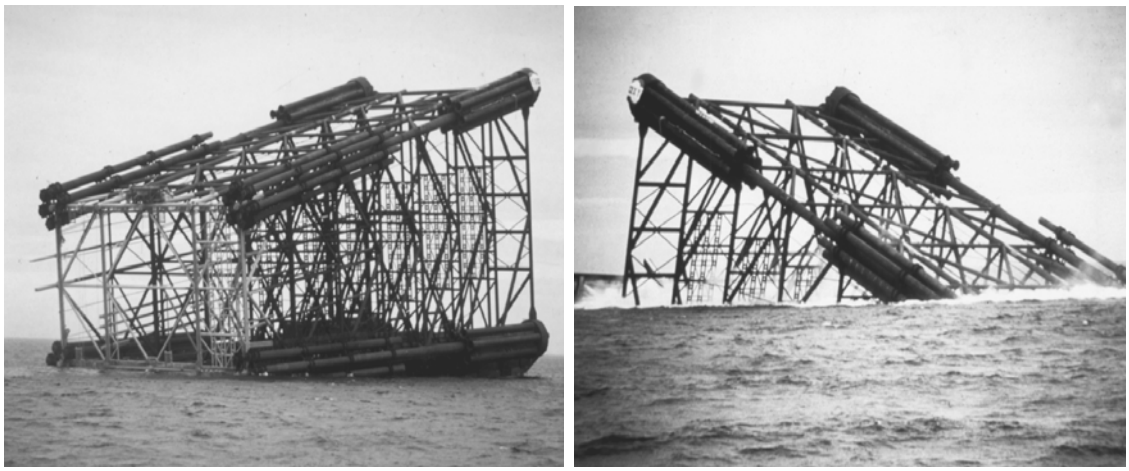
برای هر بالابری جکت های فراساحلی معمولا باید در محل رهاسازی بند مهار پیش نصب شده ایجاد شود. سپس وقتی بارج به موقعیت رسید دهانه های بند مهار قادر است توسط خطوط تحت فشار به سرعت ایجاد شده ، روی نوک چنگک قرار داده شده و برای بلند کردن آن در موقعیت نصب آماده شود.

در یک مورد برای جکت آب کم عمق در خلیج مکزیک جکت از کناره بارج آب اندازی سرانیده شد. در موقعیت ساخت آن بالا برده و بر روی بستر نصب می شود. سپس نصب اولیه بندهای مهار به طنابهای نگهدارنده‌ی قلاب برای اینکه جکت بتواند در ابتدا از سمت انتهایی اش بلند شود اجازه داده که این کار سبب جابجایی عمودی جکت می شود. نکته مهم اینکه بندهای مهار معین باید نیروی یکپارچه جکت در طی دوران را که درطی باز گردانندن روی حلقه ثابت دیواره سکو طراحی شده و به قالب جکت فشار وارد می کند تحمل کند.

برای بالابرهای جکت فراساحل معمولا بندهای مهار اولیه در روی مکان هایی که نیرو اثر می کند به صورت نصب اولیه ایجاد خواهند شد. سپس وقتی بارج به محل رسید، حلقه های بند مهار ممکن است به وسیله طناب تحت بار به سرعت محکم شده و در بالای قلاب ها قرار گرفته برای بالابری آماده می شوند.

کابل اتصالی باید در طی فاز اولیه بالابری و جدا کردن از بارج استفاده شده از جکت در مقابل بلند شدن و به این طرف و آن طرف حرکت کردن محافظت نماید و بدین سان از چرخیدن (تاب خوردن) آن جلوگیری به عمل آید.

به دلیل وزن زیاد یک جکت و پیچیدگی یک بالابر بارج جرثقیل دار معمولا در ابتدا موقعیت یابی شده و در موقعیت مورد نظر مهار می شوند. بارج حمل و نقل آن را در حین عبور از پشت بارج جرثقیل دار واگذار کرده و تامین می کند. سپس جکت به شکل آزاد بالا برده می شود. از بارج حمل کننده رها شده و کشیده می شود. حال بارگذاری در بستر دریا کاهش می یابد. این نیاز به یک بارج یا یک بازوی متحرک برای آویزان شدن را کاهش داده بارج جرثقیل دار در روی پاشنه نگه داشته می شود تا بیشترین ظرفیت و کمترین غلتش را ایجاد نماید. اکثر جکت هایی که از بارج های حمل کننده (آب اندازی) به آب انداخته می شوند به صورت حلقوی می باشند. جکت هایی که آب اندازی می شوند وزنی بیش از ۵۰۰۰۰ تن و طولی بیش از ۴۰۰ متر دارند.(در شکل ۲-۶۴ دیده می شود)



شکل ۲-۶۴ : آب اندازی جکت

این عملیات خیلی چشمگیر در سازه های فراساحل بوده و هنوز در اکثر مواقع فقط با یک کشتی آب اندازی با موفقیت اثبات شده انجام می شود. همچنین جکت ها در طی آب اندازی طی نیروهای بحرانی و تحرک ذاتی در این عملیات صدمه دیده یا شکسته می شوند. در دریای نسبتا آرام که بارج به داخل دریا می رود بوسیله پاشنه تعادل سازی تا زاویه ۳ درجه یا بیشتر انجام می گیرد.

سپس جکت توسط کابل ها با استفاده از تجهیزات وینچ نزدیک بلوک ها در پاشنه و پشت سینه بارج کشیده می شوند. جکت‌های بلند و بارج‌های آب اندازی مخصوص ممکن است بوسیله جک‌های گیره‌ای هیدرولیکی به حرکت در آیند.

جکت ها از قسمت انتها، از پاشنه بارج حرکت کرده و سرانجام به یک نقطه در مرکز نیرو آن طرف میله اهرم می رسد. سپس اهرم خودکار در محدوده خود دوران می کند (معمولا حدود ۳۰ درجه). اکنون جکت توسط اهرم خودکار به طرف دریا سر می خورد.

یک عکس العمل افقی نیرومند بوسیله جکت به بارج وارد شده و سبب می شود که بارج به طرف جلو حرکت کند. در اکثر اوقات پاشنه در طی نیروی رهاسازی جکت به طرف بالا پرتاب می شود. در طی این عملیات، کارکنان نزدیک سینه شناور قرار می گیرند. همچنین یک خط ایمنی برای اجتناب از بیرون رفتن بارج از پایداری بوسیله این عکس العمل شدید سریع بارج باید وجود داشته باشد. در اکثر موارد جدید این عملیات بوسیله کنترل از راه دور، بدون استفاده از انسان برای اجتناب از خطر انجام می شود. سیم قابل قطع و وصل از یدک کش ممکن است در سیستم آب اندازی به کار برده شود. جکت ترک کننده بارج ترکیبی از ممان های دورانی و رو به پایین را دارند. از این رو بعضی از جکت ها قبل از اینکه به آرامی در سطوح دریا در وضعیت افقی دوران کنند در مناطق عمیق تر غوطه ور می شوند .

به دلیل وزن زیاد یک جکت و درآمیختگی بالابر بارج جرثقیل دار معمولا در ابتدا موقعیت یابی شده و در موقعیت مورد نظر مهار می شوند. بارج انتقال آن را در حین عبور از پشت بارج جرثقیل دار به آن تحویل می دهد، سپس جکت به شکل آزاد بالا برده می شود.

اکثر جکت های خودشناور برای سوار شدن در سطح بالایی پایه های نیمه غوطه ور طراحی می شوند. یعنی اینکه خط آبخور فقط در نصف طول پایه جکت می باشد(نصف جکت بالای آب می باشد). در کارکرد عملیات آب اندازی اصطکاک ایجاد شده ممکن است نسبتا زیاد باشد. این به استفاده از نیروهای فشاری زیاد یا نیروی پرتابی از جکت نیاز خواهد داشت تا به طور مستقیم جکت بارگذاری می شود. هنگامیکه جکت در مسیر آب اندازی به پایین حرکت می کند وزن آن به طور تدریجی کم و کمتر در امتداد و پایه مرکزی جکت تحمیل می شود تا اینکه سرانجام همه نیروها به بازوی اهرمی تحمیل گردد. حال جکت اندکی درون آب دوران می کند تا در بالا از دو منطقه ساپرت شود: آب و بازوی اهرم.

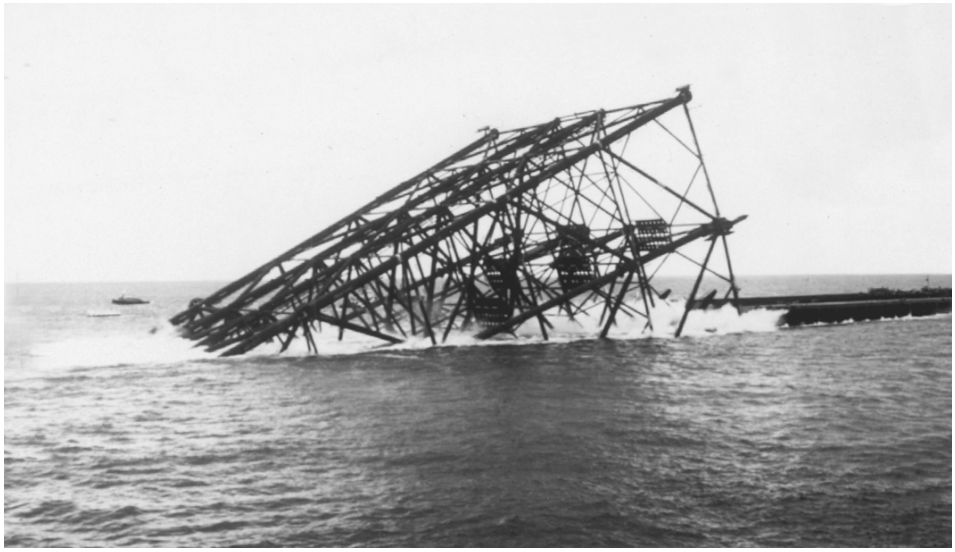
جکت به سر خوردن ادامه می دهد دو پایه ساکن، یک بخش بزرگ از نیروی کل را تحمل می کنند تا اینکه سرانجام جکت از سر خوردن آزاد می شود. از این رو پایه جکت معمولا نیازمند آرماتور جهت تقویت شدن در برابر نیروی سازه ای محلی و خمشی خواهند شد. دقت شود که در زمان چرخش نیروی عمودی بازوی اهرم معمولا ماکزیمم بوده یک نیروی اصطکاکی اضافی نیز وجود دارد که موازی پایه جکت عمل می کند.

بدترین اتفاق که در طی یک آب اندازی برای یک جکت می تواند رخ دهد انحراف از پهلو است و بدین سان نه فقط بارج کج می شود، بلکه سبب غلتش (دوران) جکت هم می گردد. تمایل به دوران در این قسمت به علت بالا آمدن سینه بارج در بیرون از آب در مرکز ثقلی نیرو یعنی حرکت جکت پاشنه می باشد. از این رو ممان اینرسی سطح آبخور کاهش می یابد.

در طی حرکت اولیه جکت روی بارج، پاشنه شروع به حرکت کرده تا اینکه مرکز گرانشی آن به میله ضامن اهرم فشاری رسیده جکت بتواند به طور صحیح بوسیله سیستم کنترل کشش و جک زدن تنظیم شده و به وسیله ورقه های فولادی کناری به طرف نقطه دو پایه مرکزی جکت که آنها را در مسیر آب اندازی نگه می دارد هدایت شده و نشانده شوند.

دستگاه‌های بازخورد (فیدیک) باید نصب شوند تا این که جکت به طور درست تنظیم شده و به بازوی اهرم مورد نظر رسیده را بررسی نمایند. در نتیجه چرخش های جکت درون آب نیروهای فشاری یا ضربه ای (شبیه ضربات امواج) در پایه ها و عضوهای متقاطع اتصالی و هر عنصر شناوری موقتی به وجود می آید که تمایل به گسستن اتصالات آنها دارد. در مورد سکوی مگنوس در دریای شمال شمع های متعددی از انتهای باز پایه های جکت گسسته شدند. این شمع ها در کف دریا فرو رفته و شدیداً صدمه دیدند.

جکت باید آب اندازی و بارگذاری شوند. ابتدا در بستر معقول آب اندازی شده و همچنین در جایی که نوک آن ابتدا آب اندازی می شود برگردانده شود. روش کار موجود نشان می دهد که آب اندازی مساعد با آب اندازی ابتدایی نوک جکت فراهم می شود.(شکل۲-۶۵)



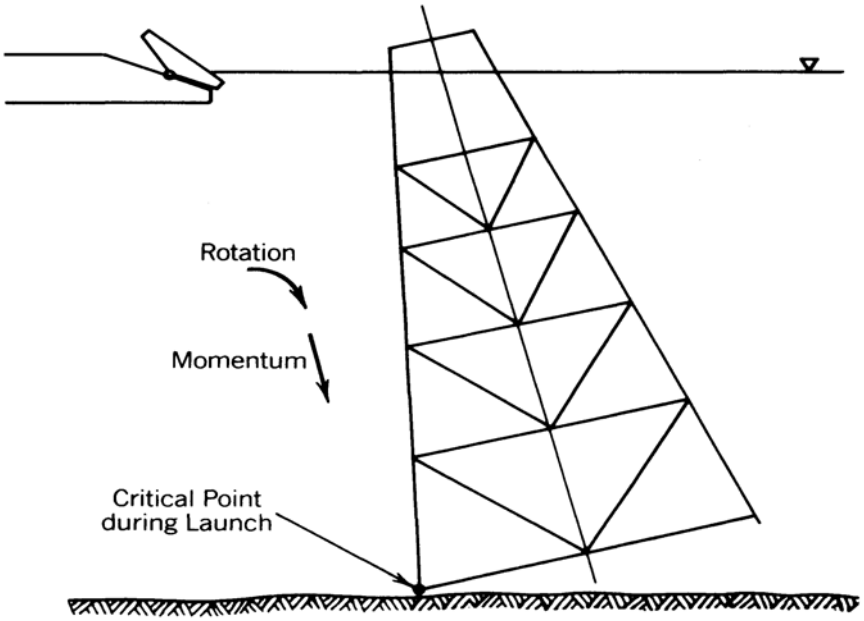
شکل ۲-۶۵ : آب اندازی جکت

اغلب عضوهای لوله ای جکت به بخشهای آب بند و خالی تقسیم می شوند تا نیازمندی شناوری را فراهم کرده سبب شناوری مناسب سازه شوند. اینها در معرض نیروهای هیدرواستاتیک هستند. حلقه تکمیلی آرماتور تقویتی ممکن است نیاز باشد تا در مقابل ترکیب تنش ها مقاومت نماید (شکل ۲-۶۶). همچنین اعضاء لوله ای و مخازن شناوری موقتی ممکن است نیروهایی را به علت درک ناشی از هجوم آب گذشته از مهاربند و پایه ها در طی آب اندازی تحمل نماید.

شکل ۲-۶۶:آرماتور تقویتی پایه جکت

بدیهی است که کنترل وزن جکت و توزیع آن برای پروسه آب اندازی خیلی حیاتی است. این است که بررسی جزئیات در موضوع تغییرات در ضخامت دیواره ها و قطرها ، مواد جوش الحاقات موقتی، رسوبات پوششی، هدایت گرما، شمع ها و مانند آن باید به تفضیل انجام گیرد. در پهلوی شناور قطر بیرونی باید کاملاً بررسی شود.معمولاً به آسانی اندازه گیری شده و می تواند یک مبنای مناسب برای محاسبات شناور می باشد. در برخی موارد گذشته محاسبات غلط منجر به غوطه وری عمیق جکت به سبب اینرسی شناوری شده آنگاه به دلیل اثر فشار هیدرواستاتیک بیش از حد به اعضایی که قصد زیر آب رفتن تا این عمق را نداشتند موجب منفجر شدن از داخل آنها شد. پایه هایی که در عمق زیاد غوطه‌ور هستند در معرض تنش فشاری هیدرواستاتیکی اثر کننده بر محیط و محور انتهای بسته آنها قرار دارند.

جکت باید در عمق مناسب آب اندازی شود تا خطری در اثر اصابت به کف آن به وجود نیاید، بعلاوه باید رسیدگی دقیقی به اندازه حرکت آب اندازی(ممنتم) و طول قطری سرتاسری جکت صورت پذیرد. در چندین وهله پایه های جکت توسط اصابت به کف دریا صدمه دیدند.(شکل ۲-۶۷)



شکل ۲-۶۷: ضربه جکت به بستر دریا

برنامه های کامپیوتری پیشرفته‌ای به وجود آمده اند تا پروسه گرافیکی به آب اندازی را به طور بی عیب نمایش دهند. همچنین آنها تنش روی اعضاء جکت و اهرم جابجایی بارج آب بندی را در طی آب اندازی بیان کرده و همچنین قادرند پروسه دینامیکی یکپارچه با بررسی جزئیات را نشان دهند. توجه شود این چنین برنامه هایی فقط با داده های ورودی قابل قبول هستند. رفتار واقعی به نسبت کم تغییرات در میزان و توزیع وزن و شناوری خیلی حساس می باشد. این چنین برنامه هایی اجازه کنترل آب اندازی را که موجب افزایش اطلاعات برای سکوهای آب عمیق می شوند می دهد.

اعضاء لوله ای طراحی شده برای شناوری باید به طور قطعی آببندی شوند. مهاربندهای مثلث شکل معمولا به انتهای آنها جوش داده می شود. پر کردن سوراخها باید انجام شده و روزنه هایی برای این اعضاء که مغروق نمی شوند باید تهیه شود. حلقه های اتصال می توانند برای اینها که به طور موقت شناور بوده و بعد از نصب غرق می شوند نصب می شود. موقعیت و جزئیات سوراخها باید توسط طراح جکت تعیین شده و تصویب گردد. در غیر اینصورت ممکن است به تنش از تسلیم رسیده یا تحت بارهای چرخه ای در حین کار شروع به شکستن بکند.

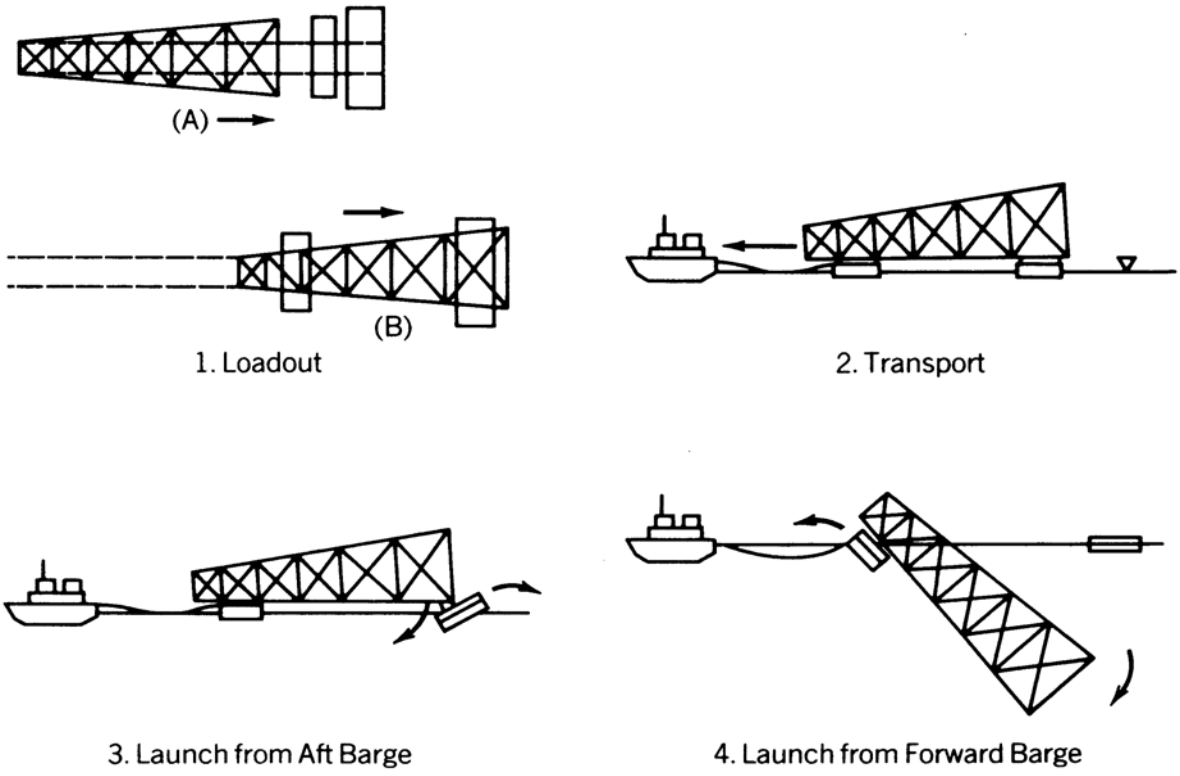
انتهای غلاف‌ها یا پایه‌های شمع‌های در آخر کوبیده شده معمولا توسط نئوپرن تقویت شده، دریچه پایه های جکت آب بندی می شوند تا آنها بتوانند به وسیله افتادن نخستین قسمت شمع به داخل نفود نمایند.

تشریح بالا به آب اندازی از طرف انتهایی بارج «آب اندازی انتهایی» را نشان داده که این روش در ترکیب جکت های متداول به کار می رود، هر چند آب اندازی پهلویی نیازمند سازه قویتری می باشد. بنابراین به‌آب‌اندازی پهلویی جکت‌ها یک سطح مقطع یکسان کلی را ارائه داده یا برای جکت های سکوی ترمینال‌های بارگیری فراساحل که اغلب مقطع مستطیلی دارند آب اندازی پهلویی خیلی عملی می باشد. اخیرا تحلیل های ژاپنی ها نشان داد که آب اندازی از پهلو ممکن است برای جکت های مخروطی شکل در امتداد سیستم هدایت که در روی بارج ثابت شده است هم کارایی داشته باشند.

شاهتیرهای عرضی آب اندازی کوتاه متعددی ممکن است استفاده شود. بنابراین اثر بارگذاری بر روی هر نقطه قالب جکت کاهش می یابد. بارج می تواند توسط اختلاف بالاست حدود ۵ تا ۷ درجه هیل بگیرد. بازوی چنگکی نسبتا کوچک می تواند استفاده شده و به کناره بارج متصل شود. جکت به سمت مقابل بارج کشیده شده یا هل داده می شود، بنابراین تمام نگهدارنده ها به جز یکی روی هر انتها آزاد می شود. سپس این دو نگهدارنده باید در یک زمان و با هم قطع شوند. جکت سرخورده و از پهلو به سمت پایین می غلتد.

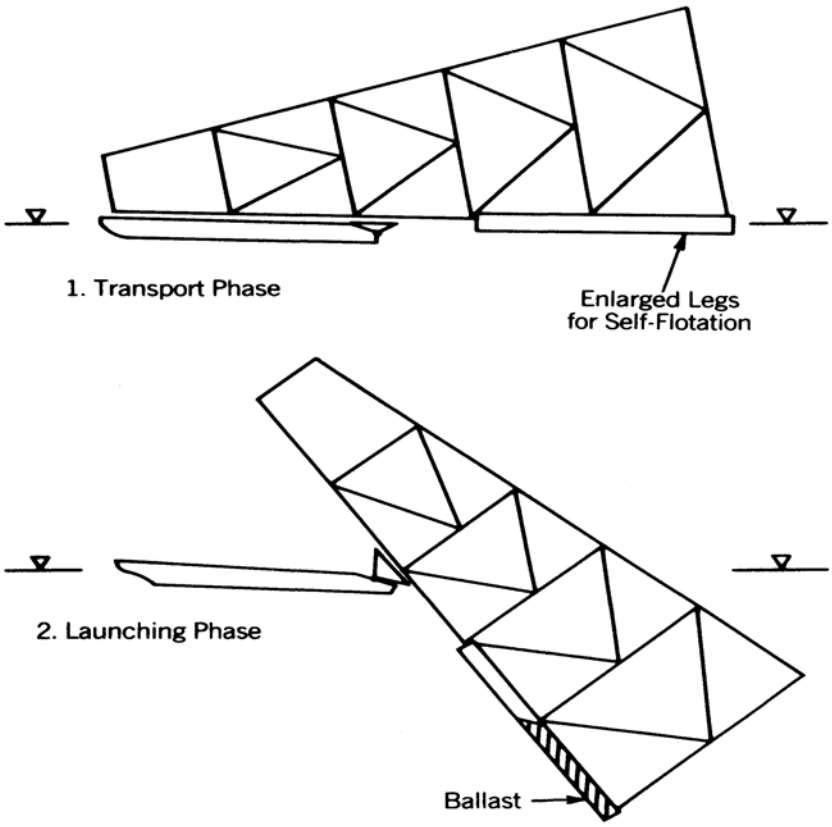
این روش آب اندازی از پهلو مخصوصا برای جکتهای خیلی بلند جالب است. مثلا از این روش برای جکتهای ۵۰۰ متری که برای برج مهار استفاده می شوند پیشنهاد می شوند.

Brown و Root یک سیستم برای آب اندازی یک جکت بلند از دو بارج را گسترش دادند که در آن بارج پشتیبانی کننده انتهای جکت، آن را از قسمت تحتانی یدک می کشید تا اینکه بازوی چنگک دار انتهای پایینی آن را از پشتیبانی آزاد کند. اکنون جکت درون آب سقوط کرده می چرخد و سپس اجازه می دهد که انتهای بالایی جکت از روی بارج دوم سر بخورد. این سیستم یک بار متمرکز سنگین را روی انتهای پایینی جکت اعمال کرده و از این رو موقعیت جکت و اهرم چنگک دار در بارج اولیه باید به طور مستحکم تقویت شوند (شکل ۲-۶۸)



شکل۲-۶۸ : آب اندازی جکت به روش Brown و Root

طرح اخیر در جاهایی که انتهای سنگین جکت روی یک بارج آب اندازی پشتیبانی می شود و انتهای بالایی توسط تجهیزات مخازن شناوری موقتی به طور نیمه مغروق است پیشنهاد می گردد. در این مورد انتهای پایینی از جکت پشتیبانی شده و اهرم چنگک دار باید بارهای متمرکز خیلی سنگین را حمل کند. اهرم چنگک دار باید طوری قرار داده شود تا بتواند ۹۰ درجه بچرخد. پاشنه سرسره ای در انتهای حمایت کننده جکت ساخته می شود. مخازن موقتی شناوری در بالای انتهایی پس از بر روی پایه نشاندن جکت ها به راحتی قابل برداشتن هستند. یک تغییرات مهم در بالا ، این که خودشناوری در انتهای پایینی جکت را عرضه کرده و انتهای بالایی را روی یک بارج آب اندازی معمولی پشتیبانی می کند. حال آب اندازی می تواند با بر روی پایه نشاندن جکت ها ترکیب شود. آنها حداقل نیروی امواج را جذب کرده و ممکن است به طور همیشگی در آن مکان ثابت شوند و با آب پر گردند (شکل ۲-۶۹)



شکل ۲-۶۹: آب اندازی جکت خودشناور

«مک درموت» پیشنهاد اتصال پاشنه بارج دومی به یک بارج آب اندازی معمولی با استفاده از یک اتصال مفصلی را داد. سپس این بارج دوم رو به پاشنه حرکت می چرخد و از کج شدن جکت درون آب جلوگیری می کند. این پیشنهاد به نصب معمولی جکت یک قسمتی ساخته شده در عمق ۵۰۰ متری یا بیشتر منجر شده و در حدود ۱۵۰۰ متر آن را یدک می کشند. این آب اندازی از کناره از یک یا دو بارج برای سازه های آب های عمیق به طور مناسبی اجرا می شود.

۲-۳-۱-۳ راست نشاندن جکت

راست نشاندن جکت های کوچک اغلب بوسیله یک ترکیب تعادل سازی مختلف تقویت شده توسط بلند شدن از بازوی جرثقیل یک بارج حفاری فراساحل انجام می شوند. هرچند این کار کنترل بسیار خوبی را ارائه کرده که این شامل ظاهر دینامیکی خطرناک بالقوه مختلف می باشد. با این حال این روش کار فقط در دریاهای خیلی آرام ایمن است. ابزار مهار برای این روش بر پایه نشاندن باید در ابتدا متصل شده و برای آویزان کردن در روی آب به آسانی قابل دستیابی باشند.

بازوی جرثقیل می‌تواند کنترل وضعیت جکت را فراهم کند. اما ممان راست نشاندن اولیه باید از اختلاف بالاستینگ (تعادل سازی) که درون اجزاء پایینی پایه های جکت پر از آب می شود به وجود بیاید. در نتیجه دوران جکت ممکن است میله های تقویتی بالایی به زیر آب برود.

استاندارد APJRP2A در این قسمت ارائه می کند: به طور کلی پروسه بر روی پایه نشاندن به وسیله ترکیب یک بارج جرثقیل دار و کنترل کردن یا برگزیدن سیستم غرقه سازی انجام می شود.

این وضعیت راست نشاندن جکت همزمان با عملیات بالابری و کنترل مراحل غرقه سازی به برنامه ریزی پیشرفته در تعیین محل دقیق نصب سازه در موقعیت مناسب نیازمند می باشد. تجهیزات آب بندی و اتصالات بالابری و غیره... باید ضروریات را ارائه دهند. سیستم غرقه سازی باید به طور مقاوم در برابر فشار آب که در طی پروسه بالابری با آن مواجه خواهد شد طراحی شود.

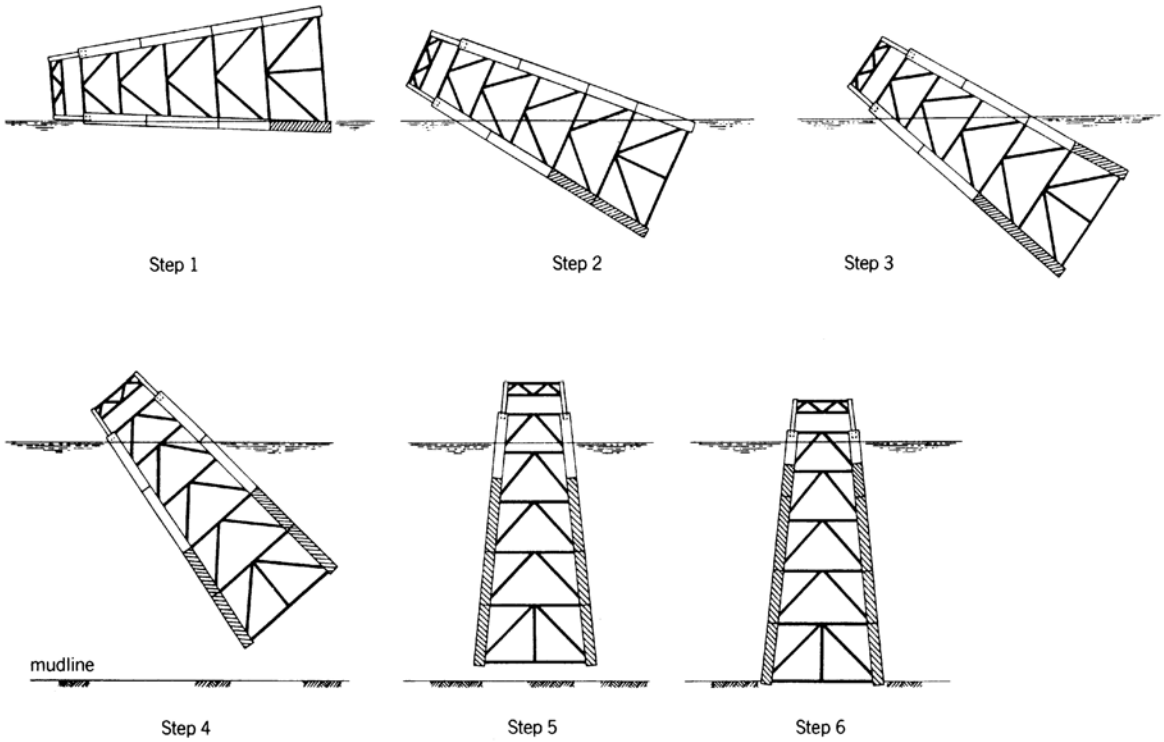
جکت‌های بزرگ، مخازن تعادل سازی گسترده داشته و سیستم کنترل به آنها نصب بوده و اجازه‌ی غرقه سازی و تخلیه آب را به خوبی توسط خطوط هیدرولیکی که با شیرها انجام خواهد شد می دهد.

جرثقیل‌ها برای بارج‌های خیلی بزرگ استفاده نمی شوند، چون خطر خیلی زیادی در اثر بار اضافه به وجود می آید. گشتاور خمشی و نیروهای القا شده در جکت در طی راست نشانی باید تعیین شود تا از اعمال تنش اضافه به قاب جکت ممانعت شود.

هر عضو لوله ای که خالی بوده یا قسمتی از آن خالی است در طی پروسه راست نشانی باید بتواند در مقابل ترکیب نیروهای مماسی و نیروهای محوری اعمال شده بوسیله فشار آب در عمق مورد بحث مقاومت نماید. البته این شرایط و نیروها در طی برخی از پروسه های آب اندازی یا در موقع فعالیت لزوما وجود ندارد.

نکته ویژه این که جکت‌های خودشناور در ابتدا در طی عملیات بر پایه گذاری جکت، فشارهای هیدرواستاتیکی قابل توجهی را تحمل می کنند. (شکل ۲-۷۰ را ببینید).

یکی از تجهیزات در مقابل فشار هیدرواستاتیک بالا ، از طریق ایجاد فشار داخلی با هوای فشرده است. روی سکوی چهلم BP ، گاز نیتروژن از رهاسازی نیتروژن مایع برای تامین فشار مخازن بالاست موقتی استفاده شده بود.



شکل۲-۷۰: مراحل نصب جکت خودشناور

آیین نامه موسسه استانداردهای بریتانیا برای نصب کردن سازه های فراساحلی این حالات هنگامی میسر است که فشارگذاری تعادلی جانبی استفاده شده باید در طی محدودیت های طراحی و بررسی هایی که در این جا تولید می شود جلوگیری شود. اگر از آن استفاده شود تشریح زیر باید مورد توجه قرار بگیرد:

a) نرخ تحت فشار قرار دادن نباید از توانایی تحمل سازه در برابر تنش های القاء شده به وسیله افزودن دما در طی تراکم هوای داخلی تجاوز کند.

b) پروسه مستعد است تا بدون نیاز به تیر و از هر مرحله آن جلوگیری نماید.

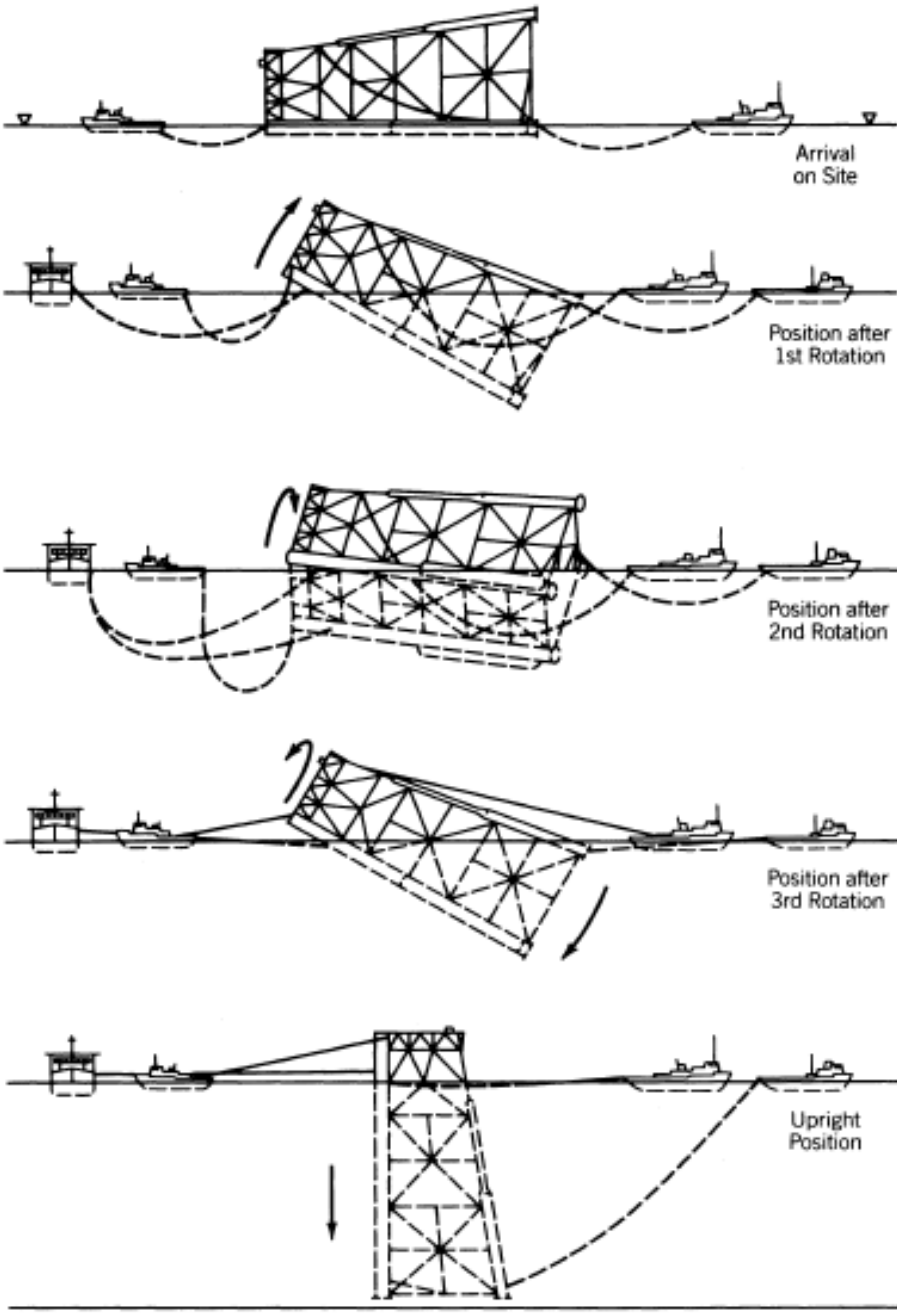
c) توجه شود که گاز منبسط شده از مایع مثل نیتروژن، مایع بشدت سرد بوده ممکن است سوپاپ ها یخ بزند.از سوی دیگر هوای فشرده شده می تواند خیلی گرم شده و توسط کنترل شدن و محاسبه شدن جلوگیری به عمل آورد.

کنترل نسبی جکت های کوچک معمولا به وسیله مرکزیت (الکترونیکی – هیدرولیکی) در بارج جرثقیل دار، سوپاپ های باز یا بسته متحرک و اطلاعات فیدبک در پیشرفت فرقه سازی ایجاد می شود.

معمولا سوپاپ ها (دریچه ها) با درب های فنری که به طور اتوماتیک در اثر نیرو یا فشار هیدرولیک بسته می شوند تجهیز می گردند. غربال ها مدخل آبگیری را از ورود خاک و شن که ممکن است از باز و بسته شدن سوپاپ‌ها جلوگیری نمایند، محافظت می نماید. سنسورهای فشار به تجاوز کردن فشار هوای متراکم در بالای اعضای غوطه ور یا آب در انتهای سازه حساس بوده، اطلاعات ضروری را ارائه می دهند. همچنین جکت هایی که بزرگتر بوده و پیچیده تر نصب شده اند موقعیت نشانگرهای سوپاپ‌ها قادرند که سیگنال‌ها را به ایستگاه کنترل روی بارج بفرستد. در بارج‌هایی که بزرگتر هستند، پروسه سر پا نشاندن معمولاً به طور کنترل از راه دور و بدون دخالت بارج‌های جرثقیل دار برای کنترل بالابری انجام می شوند.

جکتهای سه پایه معمولاً در طی راست نشاندن دوران کرده یک خط خطرناک برای کف آن ایجاد می‌کند که جکت‌های آب‌های عمیق با تبعیت از کف جکت به انحنای خیلی زیادی حرکت می کنند. (شکل۲-۷۱)

کنترل از راه دور از قبل به طور مرکزی به کار می رود. بنابراین توسط پیچ های امتداد یافته در انتهای بالایی جکت شکسته شده و باعث دوران آن می گردد. سپس کنترل رادیویی به طور قابل اطمینانی ایجاد شده و امروزه برای جکت‌های خیلی بزرگ پیشرفته می باشد.



شکل۲-۷۱: راست نشاندن جکت

در پشتیبانی کردن معمولا یک ایستگاه روی انتهای بالایی جکت به وجود می آید که کنترل کننده های انسانی می توانند در مواقع اضطراری فعال شوند. معمولا کارکنان در طی بر روی پایه نشاندن بخش نخستین جکت در روی سطح جکت قرار نمی گیرند اما ممکن است بعدا توسط هلی کوپتر به آنها منتقل شوند. برای این هدف آخر یک نردبان طنابی به سمت ایستگاه کنترل آویزان شده و در نظر گرفته می شود.

جکت‌های بزرگ طراحی شده برای آب‌های عمیق به طرح های مشکل و پیچیده بیشتری برای بر روی پایه نشاندن نیاز دارند تا از تحمیل تنش اضافی به سازه جکت اجتناب شود.

پایه های جکت خودشناور می توانند به دو صورت طولی و سطحی تقسیم بندی شوند. زیرقسمت های مشابه می توانند برای این جکت‌ها در جاهایی که فقط شمع های مخروطی استفاده شده است اجرا شده، سپس به پایه ها اجازه داده شود تا توسط اتصالات عرضی تقسیم بندی گردند. پایه های بزرگ و مخازن شناوری موقتی قادرند فشار داخلی را برای مقاومت کردن در برابر فشار هیدرواستاتیکی تنظیم نمایند.

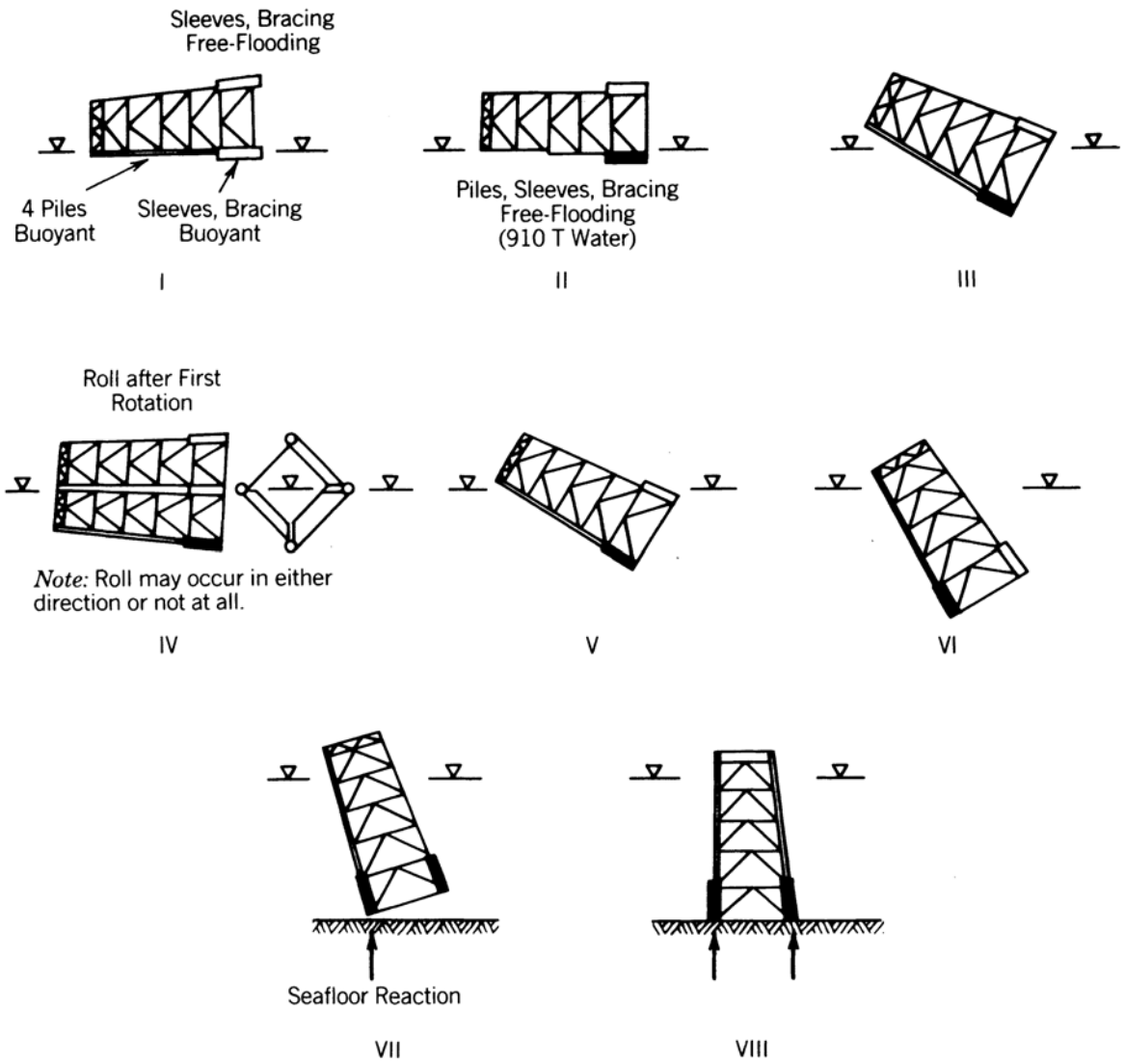
بر روی پایه نشاندن معمولا توسط تجهیزات برنامه های کامپیوتری که داده هایی دائمی از تغییرات پیکربندی غوطه ور و تغییرات تحمیلی توسط بالاستینگ را ارائه می دهد طراحی می شود. اولین طرح مناسب پیشرفته در تست مدل فیزیکی نشان داده می شود این کار دو هدف دارد:

اول :تغییر رفتار جکت در طی بر پایه نشانی

دوم :مطلع کردن و آماده کردن افراد کلیدی – رئیس بارج و مهندس فراساحل – در مجموعه عملیاتی دینامیکی. (در شکل۲-۷۲ دیده می شود)

پس از بر پایه نشاندن جکت اکنون جکت در وضعیت عمودی بوده و با یک اختلاف کمتر از ۳ تا ۵ از موقعیت نصب بوده به آرامی به سمت موقعیت قرارگیری نهایی خودش کشیده می شود. هر جا که امکان پذیر باشد در نزدیکی موقعیت نهایی عملیات برپاسازی جکت انجام می گردد. از این رو عمق قطری جکت ممکن است از اختلاف نهایی تجاوز کند.

هر کجا که بستر دریا در عمق در منطقه وسیعی یکسان باشد مثلا در مناطقی از دریای شمال این ممکن است ضروری باشد تا بر پایه نشانی در فاصله ای از موقعیت انجام گرفته و سپس به موقعیت نهایی کشیده شود. در حین این کشیدن نهایی یک زنجیر مهار در نزدیک مرکز دوران جکت پیش نصب می شود تا جکت در انتهای کشش عمودی باقی بماند. نیروی کشش و سرعت کشش باید به طور عمدی به حداقل کاهش یابد. حذف کردن یا کاهش این مراحل (کشش تا موقعیت نهایی) روش ارائه شده در مخازن شناوری موقتی که در نزدیک موقعیت نهایی توانایی عمود کردن آن را دارند استفاده می شوند.



شکل۲-۷۲ : مراحل برپایه نشاندن سکوی نیمه شناور

۲-۳-۱-٤ نصب روی بستر دریا

برای بدست آوردن نصب یک جکت در موقعیت صحیح معمولا از یک بارج جرثقیل دار فراساحل مهار شده در موقعیت استفاده می کنند. در آب کم عمق این اتصالات بوسیله سیستم لنگر خود بارج با لنگراندازی که توسط قایق های مهار انجام می گیرد صورت می پذیرد. پس از تعیین موقعیت نهایی بارج جرثقیل دار به وسیله تجهیزات نقشه برداری مخصوصا DGPS و نقشه بردار الکترونیکی جکت مستقر میشود.

APRP2A: لازم است که طناب مهار طول مناسب برای عمق آب محل کار را داشته و وزن مناسب و سطح مقطع نگهداری در مقابل ترکیب نیروی ماکزیمم باد، جریان و امواج را داشته باشد.

برای نصب جکت های بزرگتر نیازمند جهت یابی مناسب بارج می باشیم تا حداقل حرکت را به نوک بازوی متحرک جرثقیل بدهد. بعلاوه شمع‌ها کوبیده شده و سپس قطعه‌ی عرشه برپا می شود. موقعیت یابی جکت به وسیله سیم های مرتبط به بارج جرثقیل دار نه تنها کنترل موقعیت آن بلکه جهت یابی آن را نیز هدایت می نماید. نصب یک سکو در روی قالب قرار گرفته زیر دریا برای جلوگیری از صدمه دیدن دیواره‌ها به دقت بالا و نگهداری زیاد نیاز دارد. قالب معمولاً به وسیله شمع‌های درون بستر وزنی در موقعیت قرار داده شده نگه داشته می شود. دو شمع با پایه درون بستر وزنی با نوک تیز مخروطی شکل متصل شده به جکت به عنوان حایل نصب می شوند.

این ستون‌های راهنما(حائل) معمولا در این مرحله از قالب جدا می شوند. ضربه گیر مستقل شمع ها برای حفاظت از قالب در طی جایگذاری نهایی ممکن است استفاده شود.جکت به موقعیت مناسب آورده شده، در فاصله چند متری بین کف جکت و شمع های راهنما (حائل) شناور می‌گردد. در طی این عملیات موقعیت جکت بطور کامل کنترل شده، معمولاً بارج جرثقیل‌دار کمی دورتر از جکت لنگر خواهد انداخت.

در پیشرفت‌های این تکنیک خطوط راهنما از بالای جکت وصل شده و امتداد می یابند تا نشانه موقعیت‌یابی و راستا را ارائه بدهند. امروزه با سونارهای صوتی پیشرفته جایگزین شده و فرستنده های خودکار صوتی به اضافه دوربین های ویدیویی و انحراف سنج هایی که می توانند بر روی پایه ها نصب شوند نیاز به خطوط راهنما از بین رفته و به این تجهیزات می توان اعتماد کامل نمود. البته این تجهیزات باید به طور اضافی هم تهیه شود تا در صورت بروز عیب در این دستگاهها بتوان استفاده شود. حال جکت متصل شده به خط راهنما به آرامی تعادل سازی شده و سپس در بستر دریا به رسوبات کف متصل می گردد. پس از نصب روی بستر دریا یا روی قالب، حال جکت باید به پشتیبانی موقتی با تکیه گاه رسوبی درون گل و لای یا زیر سطح منتج شود. جکت باید خودش را پشتیبانی کند تا اینکه شمع ستونی بتواند کوبیده شود. این مهم است که جکت تراز شده و در یک تلرانس کم باقی بماند تا اینکه شمع ها نصب گردند. وزن موثر جکت روی کف آن ممکن است توسط بالاستینگ کنترل شود (تعادل سازی). این به میزان مناسبی به همترازی جکت که ممکن است توسط ممانی که از بارج جرثقیل دار کنترل کننده تحمیل می شود اجازه می دهد.

برای جکت‌های بزرگ که به هم ترازی دقیقتری نیاز دارند وسایل جک زدن می تواند درون اتصالات بین پایه های جکت و پوشش رسوبی کف ساخته شود. از نظر تجاری سیستم های هم تراز سازی شمع های پشتیبان موجود قابل استفاده می باشند. این تجهیزات همترازی هیدرولیکی در اتصالات با وسائل قلاب شکل که جکت را در موقعیتی که اتصالات ستونهای جکت کامل می کنند به کار می روند.

جکت ها باید وقتی شمع ها کوبیده شدند، تقریبا همتراز (افقی) شود تا از وارد شدن تنش خمشی شدید غیرقابل قبول جلوگیری نمایند. سپس بعد از همترازی، شمع‌های نصب شده باید به طور نسبتا محدودی کمی تصیحح موقعیت شوند. یک ارزیابی دقیق در بارگذاری های بستر در طی این مرحله باید انجام شود.

در این مرحله جکت روی کف تقویت شده یا روی رسوبات بستر یا ترکیبی از این دو باید تکیه داده شود. وزن جکت باید شامل هر شمع یا راهنمایی که در طی نصب جکت آن را پشتیبانی می کند محاسبه شوند. فشار تکیه گاهی در کف باید در محدوده مجاز تحت ترکیب نیروهای مستقیم که به علت امواج و جریانات در طی مرحله شمع کوبی ایجاد می شوند قرار داشته باشد.

APIRP2A به افزایش یک سومی در مقدار مجاز تکیه گاهی کف در طی این مرحله اگر اثر موج هم مطرح باشد اجازه می دهد. این کار ممکن است به طور کلی در همه نصب های کوچکتر هم قابل قبول باشد. اکثر مواقع آنالیز کامل مراحل برای سازه های بزرگ نیاز است تا اینکه به طور مختصر نحوه استقرار و اثر دوره ای فشارهای عمودی و عرضی را شرح داده و در نظر بگیرد. از پاک کردن اطراف و زیر پوشش رسوبی باید اجتناب شود. این کار ممکن است مستلزم یک صافی و قرار دادن سنگ باشد.

تمام اجزاء سازه ها روی کف یا پشتیبان های رسوبی کف باید برای حداکثر نیروهای خمشی مورد انتظار که به سبب طوفان به وجود می آید مناسب باشند. همچنین طرح پوشش رسوبی کف باید آماده ضربه شکست باشد. به طور قطع هر شکست در برابر نیرو در پوشش کف به وسیله آسیب دیدن پایه های جکت رخ خواهد داد.

در اصل بستر رسوبی توسط قطعات تیر چوبی ضمیمه می شود. منطقه تکیه گاهی را در کف تکیه گاه افزایش دهد. برای جکت های غول پیکر پوشش کف با سازه های فولادی صفحات تخت به شدت تقویت شده و با طراحی دقیق برای ایجاد تکیه گاه مناسب ساخته می شود.اینها اکثراً به کف زمین متصل می گردند.

در مورد سکوی Hondo در سواحل کالیفرنیای جنوبی فاصله عمق ۲۰ متر کوتاهتر از پایه بود. این معنی را می داد که جکت باید به خوبی در موقعیت میزان می شد. همچنین باید جکت مقاومت در برابر جابجایی اولیه نیز داشته باشد. در بستر مناسب این قادر بود توسط تعادل سازی اضافی افزوده شود. مخصوصا

اگر طوفان در می گرفت یا بارج جرثقیل دار قبل از اینکه جکت توسط شمع ها محکم نگه داشته شود عملیات را به تعویق بیاندازد، سپس تعادل سازهای اضافی ممکن است نمایان بشوند. یکی دیگر و شاید بهترین وسیله برای افزایش ایستادگی اولیه به وسیله داشتن غلاف یا پایه های جکت ادامه داده شده در زیر بستر همترازی کف می باشد که به عنوان پایه اثر نماید.

در نواحی شن روان مناطق ماسه ای روان و در بسترهای خیلی سست جکت‌ها طوری طراحی می شوند که به خوبی در زیر بستر دریا نفوذ کرده قالبی کارا در عمقی به اندازه ۱۵ متر ایجاد نمایند. این کار همچنین در جاهایی که شن ها مستحکم نبوده و ممکن است در اثر یک لرزش (زلزله) جاری شوند هم نیاز می باشد. پایه های جکت‌ها و غلاف شمع ها که در بستر نرم نفوذ می کنند معمولا آب بالاست اضافی آنها کافی می باشد. اما مهاربند های تقویتی به دلیل سطح بزرگشان به سختی نفوذ می کنند.

برای جکت های خود شناور که نوعا دو پایه پهن تر دارند یا غلاف‌های شمع آنها دارای قطری بزرگتر است ممکن است تجهیزات الحاقی به علت نفوذشان ضروری باشد. جت می تواند درون اتصالات قابل تفکیک قرار داده شود و یک ایرلیفت یا سیستم مکنده برای حذف مواد به کار رود. این ها می توانند برای بکار رفتن در زیر شمع های انتها بسته طراحی گردند.

برای سکوی (Maui A) در نیوزلند سیستم های جت و ایرلیفت درون دو پایه پهن ساخته شده بود و قادر بود مواد درون پایه های قطر بزرگ را به طور تدریجی از بین ببرد.

در بسترهای ضعیف یک راه دیگر پیرامون این وضع دشوار مشروط به اینکه جکت به طور عمودی و عرضی در طی این مرحله ساپرت شود، بوسیله کوبیدن ۴ شمع موقتی با یک نفوذ کوتاه می باشد. سپس جکت می تواند توسط عملیات جک زدن همتراز شده بلند شود یا تعادل سازی شود و به طور موقت به این ۴ شمع متصل گردد.

شمع های موقت ممکن است ۴ شمع دائمی باشد که در ابتدا فقط به مقدار کمی کوبیده شده و نفوذ می نمایند. آنها عموماً با جکت حمل شده، اما سریعتر رهاسازی شده و نصب می گردند. گاهی اوقات این شمع‌های کوتاه به طور دائم ساخته شده و از پایه برای پشتیبانی اولیه استفاده می کنند. در اکثر موارد پس از کوبیدن شمع‌های دائمی، باقیمانده این شمع های موقتی آزاد شده و ضروری است که تنش های خمشی خود را آزاد نمایند. تجهیزات اضافی بر روی اینها متصل شده، شمع های طویل برای نفوذ نهایی کوبیده می شوند.

۲-۳-۱-۵ نصب عرشه

APIRP2A می خواهد که تراز عرشه ۷۵ mm ± از تراز طراحی شده باشد و هم تراز باشد.

درجه همترازی معمولا محدود بوده و در حدود ۳۰۰ mm اختلاف ارتفاع در سرتاسر طول ابعاد سکو است اما در هر مورد باید زهکشی مناسب و عملیات مناسب در تجهیزات عملیات تامین گردد.

حال قطعات عرشه بارگیری می شوند. در سکوهای مشابه اغلب روش (Pan cake) اختیار می شود که در آن تجهیزات دائمی از قبل بر روی عرشه نصب می شوند. سپس سکو پی در پی بالا برده می شود. پس از اینکه عرشه برافراشته شد تجهیزات باقیمانده بر روی عرشه نصب می شود.

در سکوهای بزرگتر عرشه به طور اساسی شامل قاب های پشتیبان با سازه ای مرکب از شاهیترها و خرپاهایی است که بر روی بخشهای بزرگ مونتاژ شده و تجهیزات، یکپارچه نصب می شوند. قسمتهای اولیه پایه هایی دارند که در زیر آنها امتداد یافته است و با سوراخ های هدایتی درون شمعها یا پایه های جکت گنجانده شده اند. در شکل ۲-۷۳ دیده می شود.

انتقال یک بخش عرشه بزرگ معمولا با بارج انجام می گردد هرچند بخشهای کوچک و تجهیزات ممکن است توسط کشتی خدماتی یا خود بارج جرثقیل دار حمل می شوند. وزن بخش ها در سالهای اخیر رشد یافته از ۵۰۰ تن به ۱۰۰۰ تن و اجزا به ۱۰۰۰۰ تن رسیده است. اکنون بارج های جرثقیل دار غول پیکر برای بلند کردن این وزن و بیشتر از آن در دسترس هستند. مقصود توانایی مونتاژ کامل در روی ساحل و کاهش زمان و هزینه اتصال آنها در فراساحل می باشد. این جرثقیل های غول پیکر به آب های آرام و یک بارج جرثقیل دار با حداقل واکنش در دریا احتیاج دارند.

شکل۲-۷۳: بلندکردن عرشه به سکو

آخرین تولید در بارجهای جرثقیل دار بالابری سنگین از نوع نیمه شناور می باشد. البته این ها یک رابطه جایگزینی بین کاهش واکنش حرکت بارج و کاهش پیوستگی در پایداری مخصوصاً در غلتش در اثر نیروی بلند کردن وجود دارد.

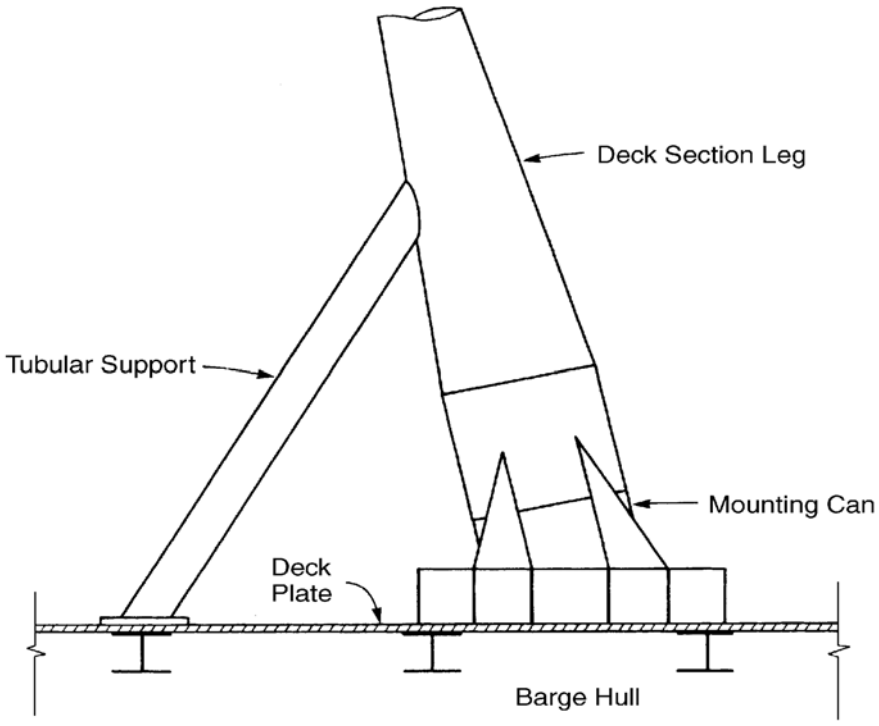
به این دلیل بالابرهای عظیم عموماً در روی پاشنه و با آونگی که فقط برای تنظیمات کوچکتر در موقعیت به کار گذاشتن سوراخ‌های راهنما استفاده شده، ساخته می شوند. در حقیقت برای بالابرهای عظیم مانند این ها یک بارج جرثقیل دار سه پایه مناسب بوده و در تعدیل موقعیت یابی های کوچکتر به وسیله موتور عرشه انجام می شود. اکنون بزرگترین بارج های جرثقیل دار فرا ساحل در دریای شمال به دو جرثقیل بزرگ، هر کدام در یک گوشه پاشنه تجهیز شده اند. برای بالابری های سنگین واکنش نوک بازوی جرثقیل خیلی بحرانی است. برنامه های کامپیوتری، زاویه بهینه جهت حرکت و جهت بازو را ایجاد می کنند.

بارج جرثقیل دار از کشیدن سکو ممانعت کرده و بارج باربری با عرشه بزرگ، عرشه سکو را از ناحیه پاشنه می کشد. بالابر ساخته شده و بارج باربری آن را می کشد. حال بارج جرثقیل دار پاشنه سکو را که در روی آن قطعه‌ی عرشه نصب شده است، می کشد.

بدین دلیل به خط کردن قسمت‌های بیشمار با نیروی بالابری سنگین رهاسازی بار در روی عرشه حتی بدون پیاده سازی آزاد اغلب مشکل می باشد. سوراخ‌های هدایتی باید طوری طراحی شوند تا گیره های باقیمانده یکی پس از دیگری به آنها وارد شود .باربرداری و انتقال این واحدهای بزرگ عرشه و بخش ها، روی یک بارج باربری نیازمند روشها و چفت و بست های دریایی شبیه جکت‌ها با پیچیدگی های اضافی می باشد. پشتیبانی واحد با ۴ پایه امتداد یافته رو به پایین و یا بیشتر سخت تر است.

محل اتصال پایه نصب و سطوح تقویتی بزرگ اسمبل شده نیازمند توزیع نیرو (استاتیک و دینامیک) روی عرشه هستند، از این رو پایه ها نباید از وسط سوراخ شوند و بتواند هم از سرسره کناری و هم بارج پشتیبانی نمایند. مرکز گرانشی قطعات اندکی بالاتر از عرشه بوده وسایل اتصال باید پشتیبانی عرضی مناسبی را در جهت مقاومت در برابر نیروهای عرضی به علت غلتش زاویه ای ارائه دهد و در طی انتقال تسریع صورت پذیرد.

یک نمونه ابزار اتصال بخشی از عرشه طرح شده در شکل ۲-۷۴ نشان داده شده است. این یک روش پشتیبانی پایه را نشان می دهد. همچنین پشتیبانی ممکن است در سازه با پشتیبانی مستقیم توسط خود قاب آن بخش تامین گردد.



شکل۲-۷۴ : یک نمونه ابزار اتصال پایه به عرشه

بنابراین عرشه ها یک سلسله پیشرفت تکاملی را توسط بازشناسی اینکه بخش عظیمی از هزینه ها در سکوهای فراساحل معمولا در پردازش و پشتیبانی تجهیزات و بیشترین درخواست اتصالات، درخواست اصلی نیروی کار متخصص بوده و ممکن است روی یک سکوی بزرگ ۲ تا ۲/۵ میلیون نفر- ساعت لازم باشد. صرفه جویی قابل توجهی در هزینه و زمان می تواند به وسیله این کار تحت شرایط مساعد در کارخانه کشتی سازی ساحلی صورت گیرد.

در بعضی اوقات کل بار مفید عرشه از ۷۰۰۰ تن تا بالای ۵۰۰۰۰ تن رشد می یابد، بنابراین تا حدی احتیاجات به مثلاً تزریق دوباره گاز و آب غرقه سازی افزایش یافته و محیط‌های دور و محیط های سخت به محافظت هواشناسی نیاز داشته، که در حقیقت به سیستم تهویه بیشتر، تاسیسات هلیکوپتری بزرگتر و محل سکونت وسیع تر برای خدمه و پشتیبانی بیشتر نیازمند می باشد.

نوعی از سازه های جکت-شمع به مجموع بارگذاری عرشه خیلی حساس هستند. یک راه کاهش مجموع بوسیله جمع نمودن عرشه یا دست کم بخشی از آن است تا استفاده موثرتری از سازه عرشه انجام شود. سپس به تدریج قسمت های خاص عرشه و قسمت‌هایی از تجهیزات خاص بخش قاب پشتیبان و بخش‌های یک پارچه بزرگ به طور کامل بر روی عرشه جمع شده کامل می گردند.

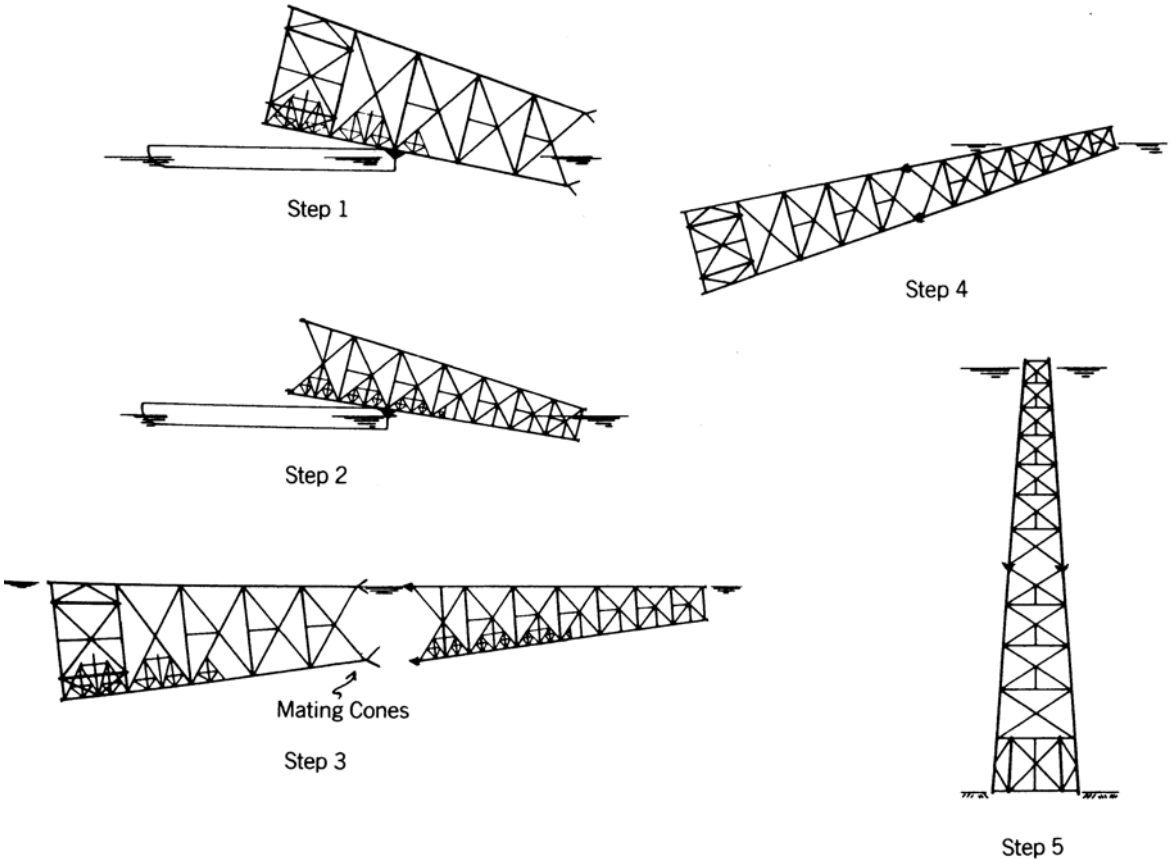
عرشه های شناور پیشرفت چشمگیری کرده اند که قادر است بطور کامل قسمتهای بالایی را پیش سازی کرده تا بتواند توسط بارج منتقل شده و واحد کامل آن در روی جکت از پیش نصب شده جایگذاری گردد.

۲-۳-۱-٦ نمونه ها

در صفحات زیرین یک تشریح از شیوه های نصب به کار برده شده برای سه سکوی فرا ساحل برجسته ارائه شده است. Cognac – Hondo و Cerveza.در هر کدام از اینها از تکنیکهای نوین مهم که تاثیری در سکوهای آینده داشته مخصوصا در آب‌های عمیق استفاده شده است.

نمونه اول – Hondo

سکوی Hondo دور تراز ساحل کالیفرنیای جنوبی در عمق ۲۷۰ متری آب در یک شکل منحصر به فردی بوسیله به آب اندازی جکت در دو قسمت انجام شده، سپس این دو قسمت شناور بهم جفت می شوند و به عنوان یک جکت منفرد برپا می گردید(در شکل ۲-۷۴ تا ۲-۷۶ دیده می شود).



شکل۲-۷۴: مراحل مونتاژ سکوی Hondo

دو نیمه جکت در روی یک ساختار سرسره ای بلند منفرد در اکلند کالیفرنیا ساخته می شوند تا یک قاب سه بعدی عظیم منطبق شده را ارائه دهند. در اتصال بین دو قطعه مخروطهای جفت گیری تدارک دیده شده، هر یک با یک سری بازوهای اتصال دهنده هیدرولیکی عرضه می شدند.

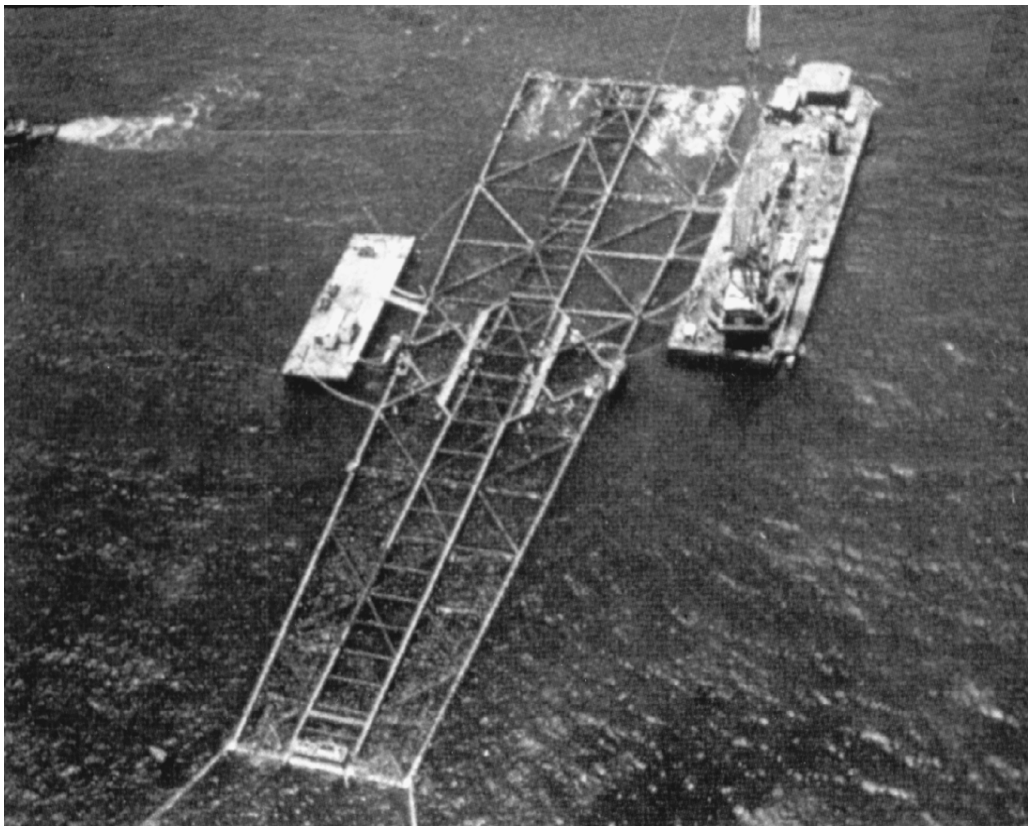
هر نیمه به طور جداگانه به یک بارج آب اندازی بزرگ بار شده به یک محوطه نیمه حفاظت شده ای در شرق جزیره سانتاروزا کشیده شده و در وضعیتی منحصر به فرد به آب اندازی شد. دو نیمه اکنون روی پایه های بالایشان با بدنه حدود ۱ متر بالای آب شناور هستند.

شکل۲-۷۵: یدک کشی نیمه پایینی جکت Hondo

دو نیمه بر هم منطبق شده و به طرف همدیگر کشیده شده گیره های مخلوطی جفت گیری و گوه های پیستون هیدرولیکی به کار انداخته می شوند. جوش با نفوذ کامل در داخل گوشه های پایه های سکو استفاده شد. دسترسی به دو خط واصل ۵۰ متری زیر آب در میان لوله های مخصوص که سیستم تهویه قدرت و نور برای جوشکار را در آنها تدارک دیده شده بود وجود داشت.

یک روش جفت گیری مشابه برای روش برج مهار وقتی عمق آب بیش از ارتفاع قابل اجرا برای انتقال و آب اندازی یک جکت یک تکه می باشد طراحی می شود. برای سکوی Hondo غلاف های شمع با یک غلافهای انتها بسته‌ی نئوپرین تقویت شده سنگین دو لایه طراحی شده برای سر هیدرواستاتیک در عمق ۲۷۰ متری آب بندی شده بود.

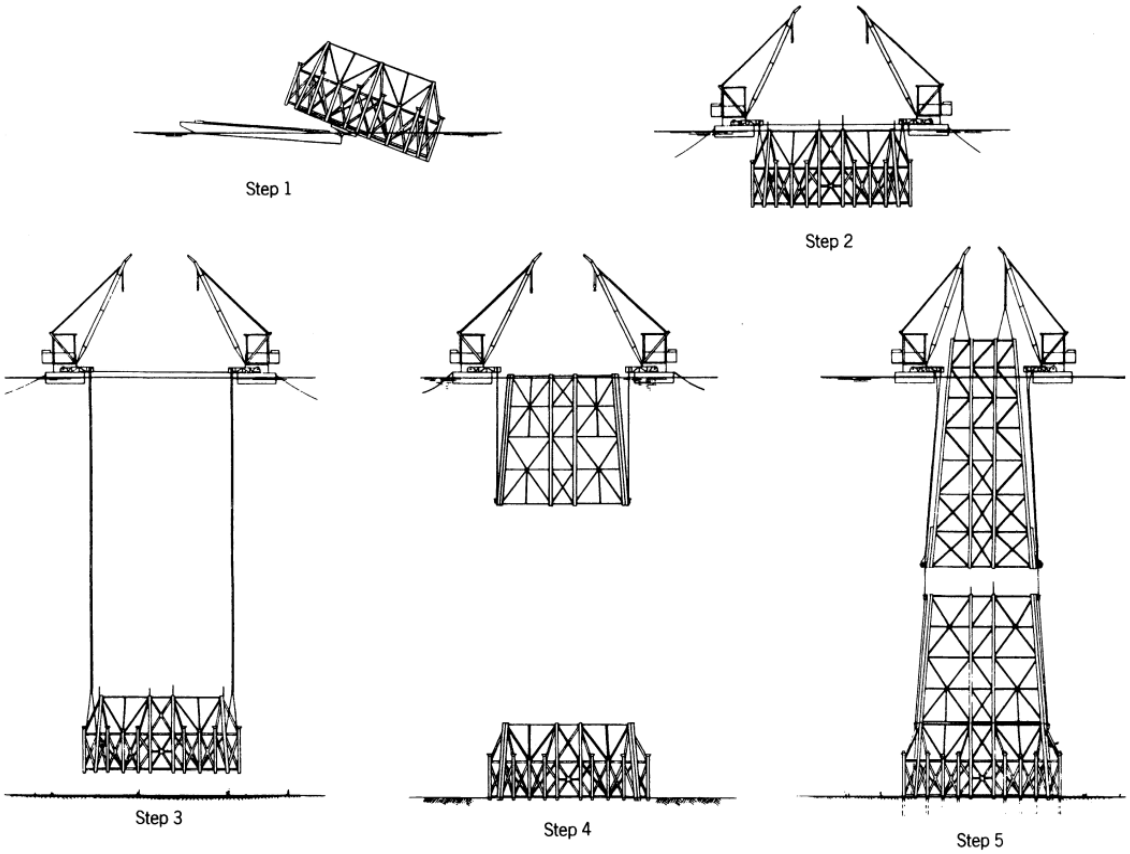
وقتی شمع ها در انتها رها شدند، آنها تحت وزن خودشان نفوذ نکرده و باید کوبیده می شدند. شمع‌های بعدی با یک کف لبه دار دندانه ای که به نفوذ در کف کمک می نمود، بریده شده بودند.



شکل ۲-۷۶: اتصال دو نیمه‌ی جکت در روی دریا

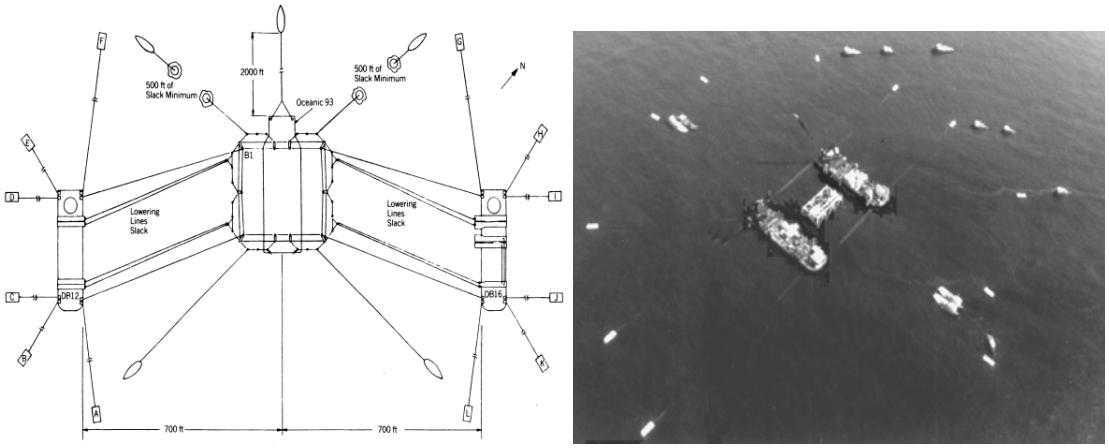
نمونه دوم – Cognac

این سکو در ابتدا سکوی آب عمیق بود که در محدوده عمق ۳۰۰ متری دچار شکستگی شد. جک در سه قسمت ساخته شده بود، بخش تکیه‌گاه (پایه)، بخش میانی و بالایی. همچنین نصب این سکو به تحقیقات عملی برای تکنیک‌های پیشرفته آب‌های عمیق احتیاج داشت : تجهیزات موقعیت یابی صوتی و تصویری، غواصی در عمق و کوبنده های هیدرولیکی زیر آبی. مراحل ساخت در شکل ۲-۷۷ نشان داده شده است.



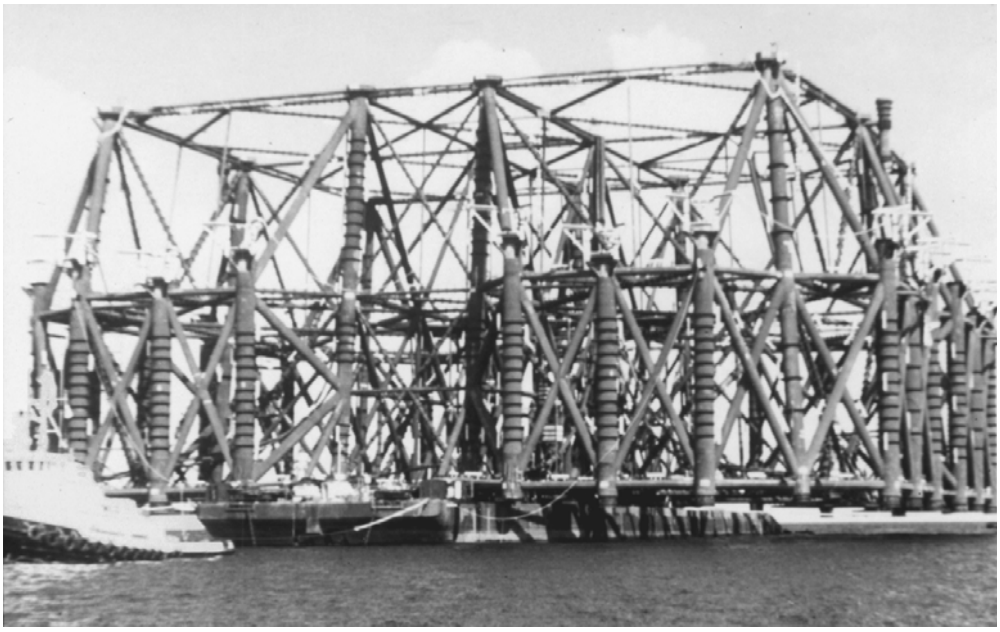
شکل۲-۷۷: مراحل مونتاژ جکت cognac

در محل احداث ۱۲ بویه مهار بزرگ نصب شده بود که هر کدام با ۳ لنگر مهار شده بودند. دو بارج جرثقیل دار فراساحل هم در موقعیت بود. هر کدام در یک طرف سکو در شکل ۲-۷۸ دیده میشود.



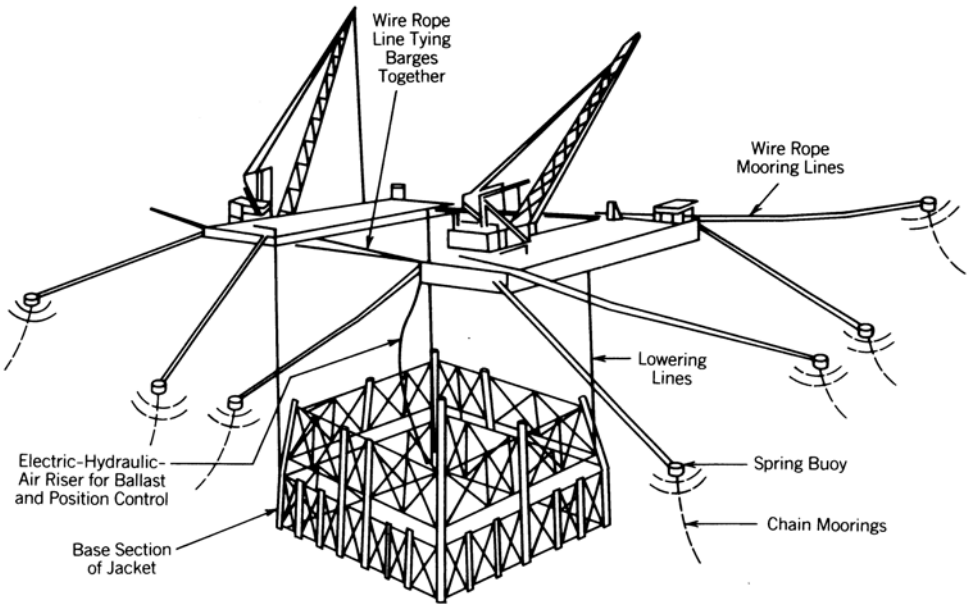
شکل ۲-۷۹: نحوه قرارگیری بویه های مهار

بخش زیرین به طور عمودی ساخته شده (در موقعیت قرارگیری نهایی اش) انتقال داده شده و به آب اندازی شد (در شکل ۲-۸۰ دیده می شود)، سپس در این موقعیت بین دو بارج قرار گرفته و توسط ابزار طنابهای سیمی ۳ in (۲۵mm)و ۳/۵in (۸۸mm)در بستر دریا فرو رفت.



شکل ۲-۸۰: قسمت انتهایی سکو روی بارج آب اندازی

کنترل سازه با بالاستینگ مخصوص به وسیله تجهیزات راهگاهی الکترونیک – هیدرولیکی ایجاد شده بود (در شکل ۲-۸۱ دیده می شود).

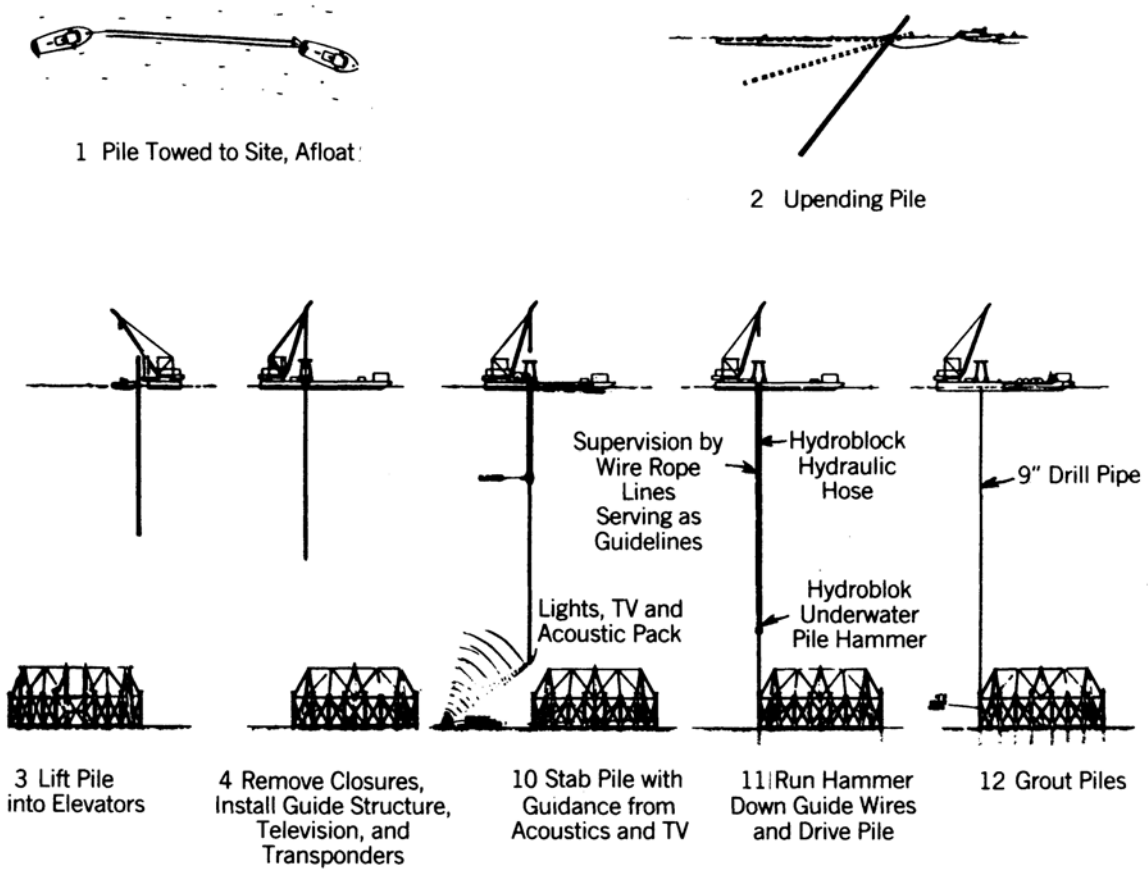


شکل۲-۸۱: نصب قسمت انتهایی (بستر) cognac

بررسی‌های متمرکز، واکنش‌های دینامیکی را در طی این پایین روی ایجاد کرده بود و محدودیت های سختی را روی شرایط دریا تحمیل می نمود که به بارج جرثقیل دار در طی این عملیات بحرانی تاثیر می گذاشت. تمام خطوط پایین دادن به متعادل کننده های حرکتی تجهیز شده بودند.

حال ستون های با طول کامل و خود شناور انتقال داده شدند. هر کدام توسط جرثقیل برپا شدند، سپس غلاف‌ها تقریبا ۲۰۰ متر زیر آن که بوسیله وسایل صوتی و تصویری هدایت شده، جاسازی شدند و درون بخش مخروطی وارد شدند. سپس یک کوبنده هیدرولیکی چکش HBM Hydroblok با نرخ ۸۰۰۰۰۰ Ft – Lb در هر ضربه آن را درون ستون ها فرو کرده و توسط کشش خطوط راهنمایی (طناب راهنما) و فرستنده های خودکار صوتی آن را هدایت نمودند. ستون کوبیده شده به طور کامل نفوذ نمود.

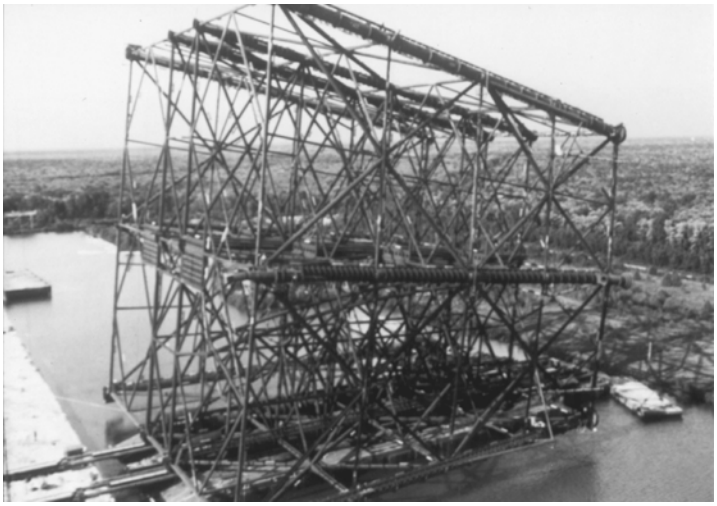
۲۴ ستون وجود داشت که هر کدام دارای قطر mm ۲۱۰۰ و طول m ۱۴۰ و وزن ۴۶۵ تن که در شکل۲-۸۲ دیده می شود. سپس ستونها بتن ریزی شده ودر قسمتهای پایینی غلافها از یک لوله حفاری استفاده شد.

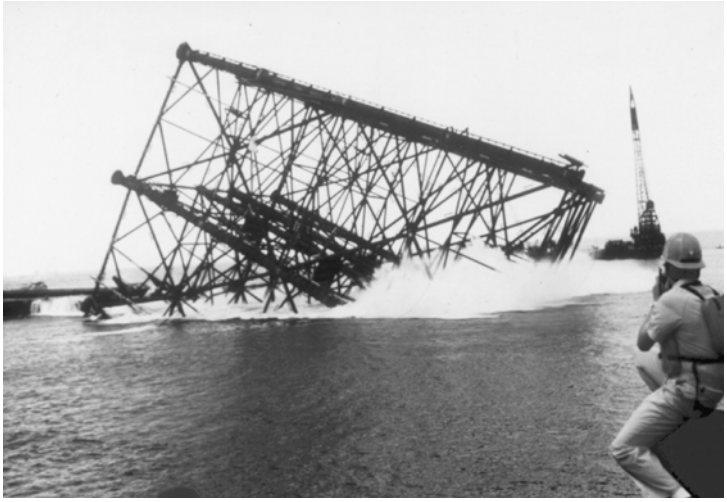


شکل ۲-۸۲: قراردادن ستون های سکو

کامل شدن این در یک فصل کار رخ داد. فصل بعد انتقال قسمت وسطی و بالای جکت آب اندازی آنها و برپا نمودن آنها بود. سپس هر دو قطعه پایینی توسط مخروطهای جفت گیری که از قبل روی جکت نصب شده بودند به هم متصل شدند.

راهنمایی ها توسط مبدل های صوتی، تصویری، گزارشات بصری غواص و یک مخروط جفتگیری انجام می شد. قید و بندهای (بست های) هیدرولیک در تثبیت هر قسمت به دیگری فعال بودند. در اتصال این قطعات به یکدیگر ۱۰ زائده ستون مانند لوله ای هر کدام به قطر mm ۱۸۰۰ در طول m ۳۱۲ در میان پایه های جکت جا گرفته و با بتن ریزی ایجاد شده بود. در شکل۲-۸۳ تا۲-۸۵ دیده می شود. بررسی‌ها و بازبینی‌های تمام عملیات زیر آب به وسیله یک دستگاه کنترل از راه دور (ROV) و توسط غواص انجام شده و برای بررسی با چشم مستقیم هم از TV استفاده شد.





شکل ۲-۸۳: انتقال و به آب اندازی قسمت میانی

شکل۲-۸۴: انتقال و به آب اندازی قسمت بالای جکت

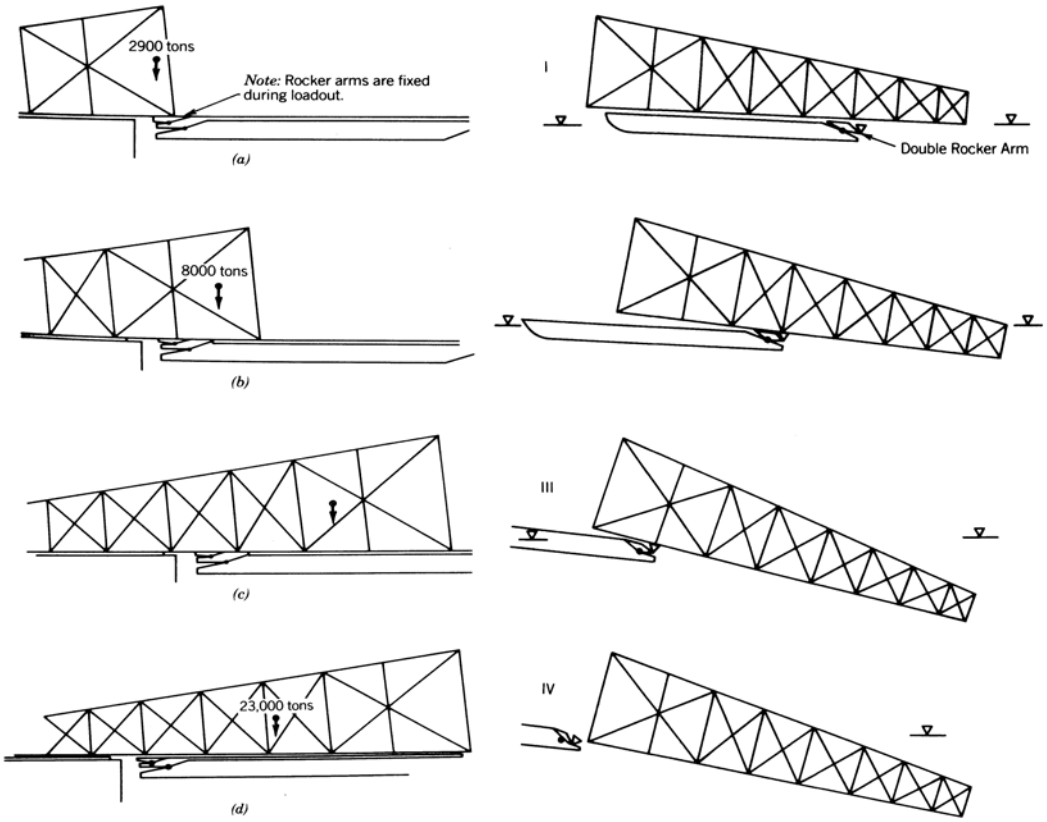
شکل ۲-۸۵:سکوی تکمیل شدهcognac

نمونه سوم – Cerveza

این سکوی جکت – ستونی در آب تقریبا عمیق در Cognac قرار داشته ولی به صورت ۱ تکه ساخته شده و نصب گردید. ارتفاع جکت ۲۵ متر و وزن آن ۲۴۰۰۰ تن بود. برای باربرداری بارج آب اندازی با آبخور ۱۰ متر بالاست شده بود تا نوک سمت آب اندازی ۲۰۰ میلی متر پایین تر از نوک ساختمان سرسره قرار گیرد. سپس جکت به سوی بارج آب اندازی کشیده می شود. بارج به طور تدریجی با بارگیری جکت از میزان بالاست خودش کم می کند. در شکل ۲–۸۶ دیده می شود. جکت کاملا روی بارج قرار گرفته اما بدون آویزان شدن از سازه سرسره بارج به کاهش بالاست خود ادامه می دهد تا اینکه جکت را به تنهایی بلند کند. در طی باربرداری بوسیله علامت گذاری با رنگ فاصله ها به کنترل کننده بالاست راهنمایی می گردد.

بازوهای چنگک‌دار بارج آب‌اندازی در طی این عملیات قفل می شوند. جکت با حداقل خط آبخور و تراز تریم در حین کشیدن با آویزان شدن ۲۸۰ متری و روی یک سر آن بر روی بارج قرار می گیرد. بارج آب اندازی دارای طول ۲۰۰ m در عرض ۵۰ m و ارتفاع ۱۲ m می باشد.

در تدارکات برای آب اندازی بارج با ۲۹۰۰۰ تنی آب باید بالاست شود تا تریم آن کمتر از ۳ درجه قرار گیرد. ضریب اصطکاک ایستایی جکت روی سطح آب اندازی ۰/۱۱ بوده و نیاز به یک نیروی جک ۱۴۰۰ تنی برای شروع آب اندازی داشت. جکت به سرعت به آب اندازی ۳ m/s با ماکزیمم، زاویه شیرجه ۱۳ درجه و ماکزیمم عمق شیرجه ۸۰ m دست پیدا کرد. در طی این بر آب اندازی بیشترین فروبری تیر اصلی بارج ۲۴ متر بوده تا آب اندازی را ارائه داده و بارجهای مشابه بتواند در مقابل فشار هیدرواستاتیک اضافی بدون از داخل ترکیدن مقاومت نماید.

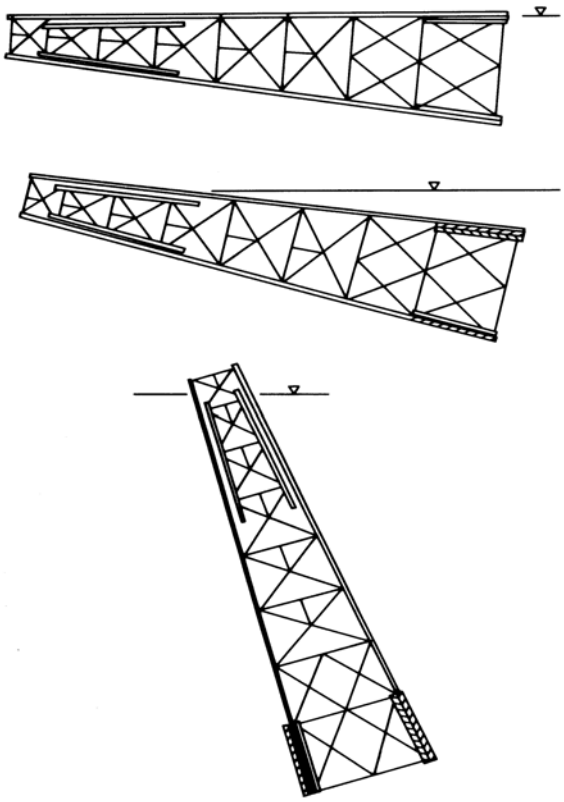


شکل ۲-۸۶: بارگیری و به آب اندازی سکوی cerveza

کارکنان روی بارج آب اندازی در روی سمت بیرونی کناره آب اندازی نگه داشته شده در بین آنها جلیقه نجات پخش شده بود. ویژگی کلیدی این آب اندازی استفاده از بازوهای چنگک دار دوتایی بود که نیروی روی پایه های جک و بارج را کاهش می داد.

وقتی جکت آب اندازی شد یک ذخیره شناوری ۱۰٪ که ۲۴۰۰ تن بود را داشت. سپس جکت برپا شده و در وضعیت عمودی استوار گردد. در شکل ۲-۸۷ دیده می شود. کنترل ها برای برپاسازی بر روی سطح جکت روی یک پایه کنترلی موقتی بود. جکت در مقابل جریانات در یک محوطه به اندازه ۱/۵ مایلی و در عمق ۴۰۰ متری آب بر روی پایه نشانده می شود. در این مدت جکت به طور صحیح با اختلاف موقعیتش میزان می گردد.کنترل پایین بردن و نصب به زمین بوسیله استفاده از ژرفاسنج صوتی در موقعیت گوشه پایه انجام شد. همه غلاف‌های دامنه دار یک سوپاپ مغروق و خط منفذ هوا دارند.

در خطوط تزریق ستون اگر لازم باشد پاشش هوای فشرده برای خروج بالاست ایجاد می گردد . سوپاپ ها به طور هیدرولیکی و با یک فنر برگردان عمل می کند. نشانگرهای لوله ها از هر قسمت به تابلو مرکز کنترل هدایت شده توانایی بازبینی در حالت غرقه سازی را داشت.



شکل۲-۸۷: برپاسازی سکوی cerveza

یک طرح‌عملیات‌احتمالی تدارک دیده شده بود تا بتواند به همه فرض‌های اضطراری در طی برپا سازی رسیدگی نماید. همچنین لوله نمایشگر فشار هوا و انحراف سنج ها به طور پیاپی در وضعیت های مختلف بازخوانی می شدند. این ها، تغییرات در جریانات را با اثر عمودی نیروی عمق، تشخیص می دادند.

هر صدمه در غلاف شمع یا نشت درونی می‌توانست توسط بالاستینگ، بسته شدن سوپاپ‌ها و یا فشار هوا، متعادل شده و جبران گردد. در مورد سایر صدمات برای مثال مهاربندهای افقی، جکت باید برای تعمیرات به طور افقی برگردانیده می شد.

۲-۳-۲ سازه های ترکیبی

کلیات: این فصل سازه های ترکیبی از نوع سکو های بتنی- فولادی ، قطبی و خطوط لوله کشی را شامل شده و نحوه ساخت ، قرارگیری و سازه های درگیر در آن را نشان میدهد.

۲-۳-۲-۱ سکوهای ترکیبی بتن- فولاد

سکو های فراساحلی متعددی با یک پایه وزنی بتنی ساخته شده، به طور مستقل با تبعیت از نصب یک جکت فولادی معمولی نصب می شوند . در مورد دیگر ، جکت فولادی به طور عمودی بر روی بستر کیسونی بتنی است .

در بررسی مورد اول پایه بتنی نیازمند نصب در آب های آرام ، در عمقی که مخازن شناور قابل کاربرد هستند می باشد . بنابراین نصب پایه نباید دارای مشکلات پایداری و نرخ نشست باشد . یک نکته مورد ملاحظه ، در یک سازه بستر عبور کننده از زیر دریا ، کنترل پایداری آن توسط فاصله ، یعنی مرکز شناوری بالا تر از مرکز گرانشی ، که پایداری زیر دریایی نامیده می شود ، البته بدون اثر سطح آزاد آب بالاست که در قسمت های آن است ، می باشد . از این رو در گستره علمی قسمت‌ها باید هر کدام یا به طور کامل فشرده شوند یا کاملاً خالی باشند . $GM = BM - BG - \sum I'$ که $\sum I'$ مجموعه ممان اینرسی های سطح آب داخلی محبوس شده است . مقدار پایداری اضافه را می توان با پشتیبانی از یک وسیله شناور در بالا به دست آورد که در این مورد GM می تواند به وسیله PL که P نیروی بالا بری و L طول خط است به دست آید .

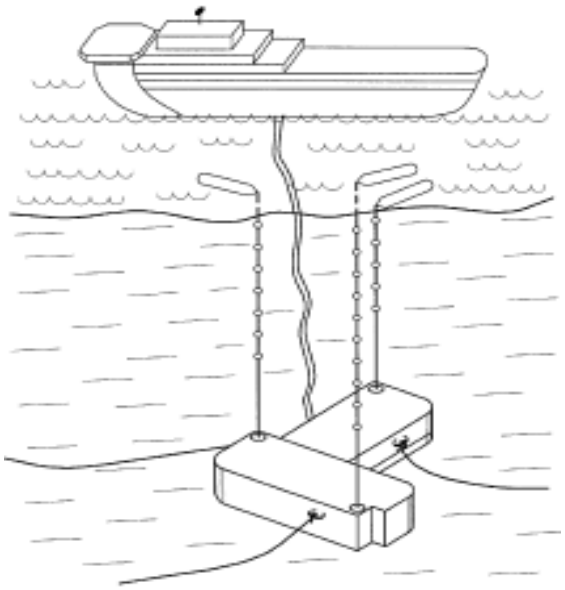
هرچند محیط طبیعی دریایی ، وسایل بالا بری ، معمولاً یک بارج جرثقیل دار بـا تجهیـزات حفـاری ، بالابری و سقوط در اثر Heave ، با Pitch افزوده می شود که ضروری است بستر بزرگ در موقعیت ثابـت گردد تا نتواند به حجم آب بالایی افزوده، همچنین به اثرات نیرو های ایرنسی پاسخ دهد . از این رو در برخی موارد جبران کننده های Heave به کار برده می شود . در عملکرد بارج جرثقیل دار، نرخ کاهش ارتفاع را کنترل می‌کنند. بنابراین ، در عمل ، پایداری باید از نسبت اولیه مرکز شناوری با نسبت گرانشی به دست آید.

سطح آزاد می تواند به وسیله تقسیم بندی درونی بستر کنترل شود تا ایـن سـکون وقتـی یـک تعـداد از کامپارتمان ها کامل پر است یا خالی است ، مقدار کمی شناوری مثبت داشـته باشـد . سـپس مخـازن کنترلـی کوچک می توانند در گوشه ها استفاده شود تا مقدار شناوری منفی را برای عملیات نشست ایجاد نمایند . این کامپارتمان های کوچک اثرات سطح آزاد کمینه دارند .

برای کامپارتمان های بزرگ که کاملاً خالی است ، لازم است کـه بـا بالکهـد هـای جـدا کننـده بـین کامپارتمان‌های پر و خالی قرار گیرند . در درون سازه‌ی افزوده شده کمینه، باید به بست‌های فولادی لوله ای هم توجه شود . فشار غیر متعادل در مخـازن مجـاور بایـد توسـط نصـب برخـی تجهیـزات سـاده کـه از فشـار خارجی دریا و تنظیم فشار کامپارتمان های پر جلوگیری می نماید ، محدود گردد .

در بستر مغروق شده در زیر آب ، اثرات هیدرودینامیکی از امواج وجود دارد که اثرات ساحلی نامیده می شوند، یک نیروی بالا بری را ارائه می دهند که ممکن است مستلزم اضافه کردن یک بالاست اضـافی در مخازن کنترلی شود . یک بستر ساخته شده و به طور کامل بالاست می شود ، جکت فولادی معمولاً با ۴ پایـه جا داده شده در غلاف پوششی نصب می گردد . اگـر از مـیخ پـرچ بـرای اتصـال اولیـه بسـتر و غـلاف درون پایه های جکت به کار رود ، ریسک کمتری را شامل مـی شـود ، همچنـین ، اینکـه پایـه هـا در میـان پوشـش کیسون منگنه زنی شوند بدون ریسک می باشد .

در مخزن با بستر وزنی Harding از یک بویه چند گانه با ۳ خط مهار قرار داده شده استفاده شده بود. سپس جکت فولادی روی آن نصب گردید (شکل ۲-۸۸). این بدیهی است که از تجهیزات و ابزار موقعیت یابی پیچیده برای کنترل اتصالات نهایی استفاده خواهد شد . ROV ها با ویدئو می توانند به کار روند . فاصله انفصال می تواند بوسیله مبدل صوتی کوتاه برد مشاهده گردد . جهت یابی هم می تواند با قطب نمای الکتریکی (ژیروسکوپی) نشان داده شود . راهنما های مکانیکی مانند قیف مکانیکی باید برای هم مرکزی نهایی استفاده گردد . جک های هیدرولیک هم می توانند بیش از تماس به کار رود تا نیرو های ضربه ای و فشاری را کنترل نماید .



شکل۲-۸۸ : مخزن با بستر وزنی

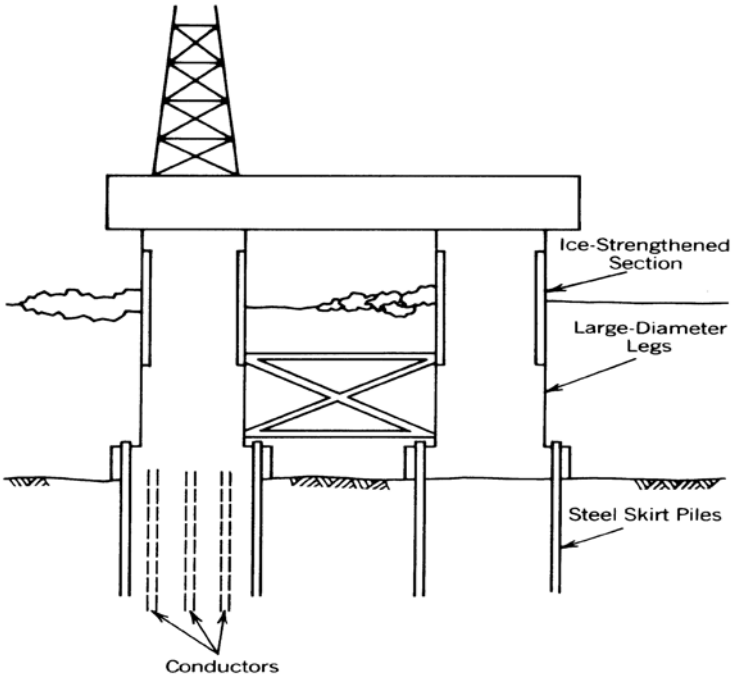
در حالت دوم ، این طور که جکت و برج از قبل بر پایه نشسته شده است مشکلات کمتری در نصب را نشان می دهد . اگرچه مسئله پایداری اولیه همچنان باقی مانده است، زیرا جکت نقشی در استقامت آبخور ندارد . جک می تواند به پایین رفتن اجازه دهد به شرط اینکه قطر پایه ها به اندازه کافی بزرگ باشد . هر چند استفاده از یک یا دو بارج جرثقیل دار هم برای کنترل در نصب ضروری است .

۲-۳-۲-۲ سکوهای ترکیبی قطبی

کلیات : یک تنوع گسترده سازه‌های فولادی و بتونی برای قطب شمال و مناطق تابعه آن طراحی شده است که این طراحی مقاوم در برابر نیروهای عرضی شدید یخ و انتقال این نیروها به بستر می باشد.

۲-۳-۲-۲-۱ سکوهای برجی فولادی قطبی

سازه ها از نوع برجی برای سال‌های زیادی در Cook Inlet آلاسکا استفاده شدند . این سازه های فولادی شبیه جکت ها ساخته می شوند. در یک کارگاه ساخته شده ، آب اندازی می شوند و شبیه سازه‌ی خودشناور منتقل شده و در روی بستر دریا ، در محل استقرار با پایه های فولادی کوبیده شده یا حفر شده و بتن ریزی می شود.(شکل ۲-۸۹)

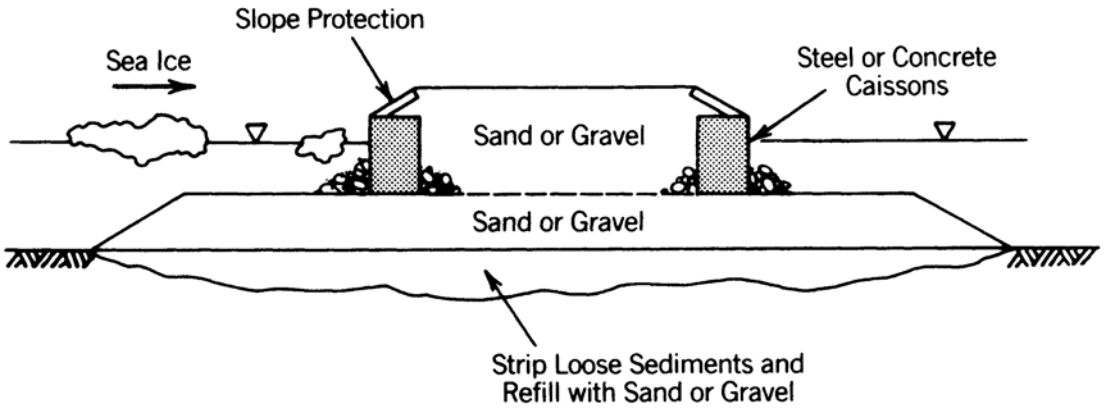


شکل۲-۸۹: سازه برجی برای شرایط یخبندان

این سازه ها برای عمق متوسط آب و شرایط یخی معتدل مانند جنوب دریای Bering مناسب هستند . پایه های جک باید در قسمت پایینی پهن شوند تا از پر شدن فاصله آنها توسط لایه های یخ جلوگیری به عمل آید . در تمام مناطق یخی، پایه ها نیازمند آرماتور های (تقویت کننده) ویژه ای به عنوان مثال ساختار ساندویچی فولاد- بتن هستند تا در برابر ضربه یخ ها مقاومت نمایند .

۲-۳-۲-۲-۲ Caisson نگهدارنده جزایر مصنوعی

این نوع جزایر مصنوعی در امتداد سطوح فروریخته جزایری که قبلاً توضیح داده شده است گسترش یافته اند . Caisson های پیرامون، حفاظت از سطح مشترک هوا – آب را ارائه کرده ، از فرسایش (ساییدگی) توسط امواج در طی ساخت جلوگیری نموده ، مقدار خاک برداری را کاهش داده و دستیابی به سازه را راحت تر می سازد.آنها به طور کلی با اجازه دادن به عملیات سازه ای ، زمان ساخت را کاهش می دهند . (شکل ۲-۹۰)



شکل ۲-۹۰ : Caisson نگهدارنده جزایر مصنوعی

Caisson ها خودشان ممکن است فولادی یا بتنی بوده و با شن پوشیده باشند . مفصل هایی بین Caisson های مجاور ساخته می شوند تا از جدا شدن قسمت ها توسط یخ جلوگیری نمایند . یک سازه‌ی نگه داشته شده توسط Caisson بتنی برای جزیره Tarsiut ساخته شده ، همچنین یک سازه با پایه Caisson بتنی در Esso به کار برده شد که هر دو در دریای Beaufort کانادا قرار داشتند . اتصالات با طراحی بحرانی و مسائل سازه ای ساخته شد. در مدت اتصال تلرانس باید در تمام ۶ درجه آزادی همسان و منطبق با هم باشند . در کار کرد اتصالات باید با دقت کافی از پاشش و جدا شدن یخ ها جلوگیری نمایند . یک زنجیره Caisson بتنی ، که به طور زیگ زاگ چیده شده باشند در موج شکن های فراساحل پیشنهاد شده ، یک لنگر گاه برای وسایل پشتیبانی یخ شکن ایجاد می کنند .

۲-۳-۲-۲-۳ Caisson های با پی وزنی آب‌های کم عمق

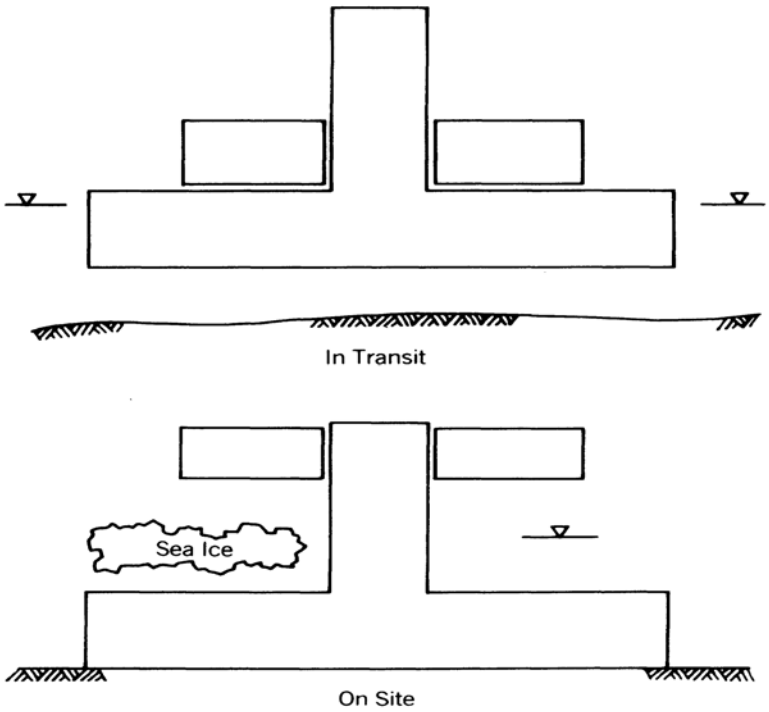
کیسون های با پی وزنی، سازه های بزرگ بتنی یا فولادی هستند که در بستر دریا یا روی یک خاکریز مهیا شده در زیر آب ساخته شده اند . Dome SSDC -1 یکی از این سازه ها بوده ، که از یک بخش از پیکر یک VLCC تقویت شده از داخل بتن و فولاد ساخته شده بود . یک روش به کار رفته در یک طرح ترکیبی ، با فولاد در داخل دیوار پیرامونی و اتصال آن به کامپوزیت با یک دیوار خارجی بتنی بود .

بسیاری از راه کار های رشد یافته ، متمایل به ساختار های متقابل محوری ، دایره ای یا چند گوشه در طرح با دیوار های عمودی یا شیب دار هستند. راه کار هرمی پله دار قادرند در سازه ها با بستر وزنی موجود در آب عمیق امتداد یابند .

مقاومت اضافی در برابر چهار چوب در بستر ضعیف می تواند توسط استفاده از شمع ها یا پایه ها گسترش یابد . Caisson های حمل شده به طور مستقیم توسط بستر کف هستند ، از این رو مقاومت برشی بی اثر به پایه ها را افزایش می دهد .

۲-۳-۲-۲-٤ سازه های جک آپ

طرح های کاربردی قابل توجه ای سعی دارند تا تجهیزات جک آپ را با طراحی گوناگون پیشرفته شناور در یک موقعیت روی یک بدنه کشتی بزرگ که در روی بستر قرار داده خواهند شد و عرشه آنها بالای آب یا یخ قرار می گیرد ، ارائه دهند . سپس ستون های باریک یک سطح مینیمم نوک تیز را ارائه داده و قصد دارد تا اثر نیرو های یخ را به سازه کاهش دهند . (شکل ۲-۹۱)

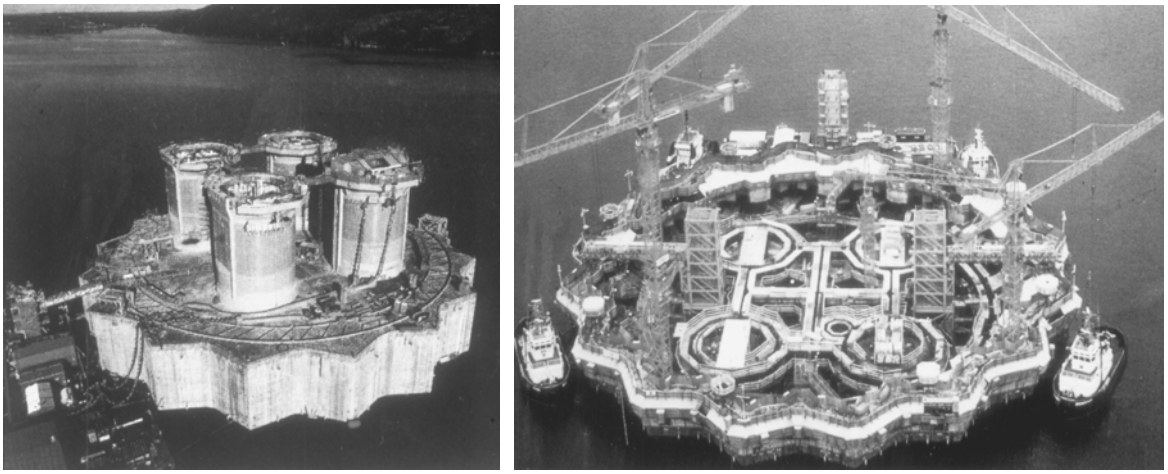


شکل ۲-۹۱ : سکوی جک آپ برای قطب

از آنجایی که این راه کار قادر است در آینده اجرا شود ، اما هنوز هیچ جا ساخته نشده است ، چون نیروهای شدید یخ اهمیت داشته ،از یک تخته یخ شناور چند ساله یا یک تپه سنگی کوچک پایه های سازه عبوری را خمیده می نماید که این اثر به وسیله محورهای باریک کاهش یافته و به دلیل مسائل پتانسیلی، تقویت دینامیکی زیر یخ های پیوسته ، شکسته شده که منجر به شکست فانوس های دریایی متعدد در دریای بالتیک می گردد .

۲-۳-۲-۲-۵ ساخت کف سازی های عمیق قطبی

کف سازی های ساخته شده برای آب عمیق به شکل مخروطی، هرمی، پله ای ساخته می شوند تا مقدار مصالح ساختمانی را کاهش داده و وزن روی بستر دریا را محدود نموده، و نیروی ضربه ای یخ را کاهش دهد. نصب این سازه ها شبیه به سکو های با بستر وزنی دریای شمال می باشد . (شکل ۲-۹۲)



شکل ۲-۹۲ : بستر چند ضلعی وزنی

نصب (قرار دادن) این سازه ها نیازمند محاسبات دقیق برای پایداری سازه و تعادل سازی آن به علت کاهش خط آبخور می باشد .

سکوی Hibernia در نزدیکی Newfoundland یک پهلوی سیلندری عمومی با قطر ۹۰ متری است که با یک سطح خارجی شیار دار ساخته شده و برای نفوذ رو به جلو در کوه یخ توسط تمرکز نیرو های مخالف در نقاط گسسته طراحی شده و سپس طول امتداد یافته و ضربات استمرار می یابد . نیروی ماکزیمم از MN ۲۲۰۰ به MN ۱۴۰۰ کاهش می یابد. در سکوی Hibernia ، برای مقاومت در برابر ضربه کوه یخی بزرگ ، سطحی برای اثر نیرو ها به مساحت ۲۲۰۰۰ مترمربع ساخته شده و طراحی گردید .

۲-۳-۲-۲-۶ دیوار های پشتیبانی و قالب های کف دریا

وقتی که سازه در موقعیت صحیح مهار شد ، یک حفره در کف دریا حفر شده ، دستگاه کنترل قادر است در زیر سطوح صیقلی یخ قرار داده شود . این کار به وسیله جت های قدرتمند با استفاده از یک نوک لایه روبی عمودی انجام می گیرد . حفره ها به طور آشکار با وسایل حفاری شناور متناسب هستند . در سوراخ های متناوب ، یک Caisson محافظ (با قطر ۱۰ متر) درون بستر دریا با استفاده از فشار هوا و وزن پوشش همراه با ایرلیفت یا مکنده حفاری به سمت پایین فرو برده می شوند . یک پوشش فولادی دو لایه می تواند به راحتی به محل نصب حمل شده ، از جرثقیل حفاری آویزان شود و به طور کامل به دوغاب سنگ آهن یا بتن که در دمای پایین هستند پمپ شون . از این رو وزن پر شده برای کمک به نفوذ سودمند است . راه دیگر استفاده از قطعات بتنی پیش ساخته ، ستون های امتداد یافته به طور عمودی یا تیر های پیش تنیده شده بود . در دورتر از Newfoundland ، حفره هایی برای قالب های کف دریا در لایه های متراکم کف ، با شن های چسبنده به وسیله مته های عمودی ، دارای یک سر مته پهن شده (۵ m) تقویت شده با ایرلیفت گود برداری شد . اخیرا در Hibernia ، یک مته با قطر بزرگ (۵ m) با کمک هوا به طور موفقیت آمیز استفاده شد .

۲-۳-۲-۲-۷ موج شکن ها / منحرف کننده های یخ

برای محافظت از یک ناحیه محدود در برابر برخورد امواج و یخ دریا ، تا اینکه قایق های تدارک و تجهیزات یخ شکن بتوانند در زمستان در منطقه در معرض قرار گرفته مهار شوند ، در سواحل شمال شرقی Sakhalin ، یک سلسله کیسون با پی وزنی به روش کاربردی گسترده شده بودند . اینها به شکل زیگ زاگ چیده شده بودند تا شیارهای فشرده جلو رونده متداول را بشکنند ، تا اینکه پشتیبانی برای مهار کردن در سطوح داخلی را ارائه نمایند .

۲-۳-۲-۲-۸ نصب در موقعیت

سازه های کیسونی برای قطب شمال معمولا شبیه روش به کار برده شده در دریای شمال نصب می گردد. به محض رسیدن به موقعیت نصب ، یدک کش ها در یک حالت ستاره ای قرار خواهند گرفت تا موقعیت جانبی جهت یابی سازه متعادل شده در بستر دریا را کنترل نمایند . موقعیت یابی به وسیله یک ترکیبی از ناوبری ماهواره ای ، سیستم موقعیت یاب الکترونیکی با شعاع کم مانند SYDELIS ، فرستنده خودکار صوتی کف دریا کنترل می شود.

برخی از سازه های مخروطی و یکپارچه پیشنهاد شده برای قطب شمال در این مرحله با مشکل پایداری مواجه می شود .دو راه حل وجود دارد . در آب با عمق محدود ، یک سازه مخروطی ممکن است ، نوک آن پایین برود تا خط آبخور را در حالت پایدار نگه دارد تا اینکه یک طرف آن فرو رفته و سپس از بستر دریا برای ایجاد پایه در زمان تعادل سازی در وضعیت نهایی سازه استفاده شود .

سیستم مشابه ای در آب های کم عمق خلیج مکزیک استفاده شده و به طور مناسب برای سکوی قطبی مناسب نشان داده شد. اما این به طور کلی برای سکوهای تولید شده دائمی به دلیل زاویه‌ای که عرشه و تجهیزات تولید باید کج شوند و به دلیل اختلال‌های بالقوه فونداسیون، مورد تردید می‌باشد .

روش دیگر، نصب ستون‌های شناور موقتی است که گشتاور راست‌کننده پایداری سازه‌ی مخروطی درطی مرحله بحرانی غوطه وری ارائه می کنند. پس از قرارگیری و نصب کامل این پایه های موقتی برداشته می شوند.

تمام سازه های با پایه وزنی ، پیچ ها و ستون ها می توانند قسمت کف سازه درگیر شده و سازه را در موقعیت خودش نگه دارند . این ستون ها در بستر کف نفوذ می نمایند ؛ در برخی موارد آنها ممکن است به سازه قفل شوند تا از وزن آن به عنوان نیروی نفوذ استفاده نمایند . سازه بر روی بستری که به طور سرتا سری تسطیح شده است، بدون اینکه شیار به وسیله تکه های یخ در آن ایجاد شده باشد، قرار می گیرد و سپس انحراف محلی بی شماری در مقطع و استحکام توسط برآمدگی ها و شیارها فشار محلی خیلی شدید موثر بر بستر را ایجاد می نماید. برای تدارک دیدن یک فونداسیون یکنواخت برای سازه با پایه وزنی، تلاش می شود تا با قرار دادن شن پرکننده و سپس تسطیح آن برای سازه یک بستر مسطح ایجاد شود . این کار برای تاسیسات پزشکی دریایی شناور در Prudhoe Bag سوار شده به یک بارج به ابعاد طراحی m ۴۶×۱۸۶در زیر آب انجام شده بود.

خارج از دریاهای باز ، تلاش‌های زیادی برای تسطیح با تجهیزات شناور انجام شد که فقط دامنه تغییرات ۳۰۰± میلیمتر را نتیجه داد . در نصب Molikpaq در سال ۱۹۸۴ ، یک دامنه تغیرات mm ۱۵۰ با استفاده از بازوی لایروبی با کنترل کننده کامپیوتری یک لایروب ، برای سازه های حفاری اکتشافی گوناگون ، سازه ماده پر کننده زیر بستر را پس از اینکه سازه قرار داده شد انتخاب می نمایند.

پرکننده ها دوغاب ماسه هستند، که درون لوله کشی نصب شده روی سازه جریان می یابند . ماسه ابتدا با یک دوغاب مخلوط شده ، سپس توسط یک دهانه خیلی کوچک ، به طور تقریباً ثقلی پمپ می شوند و در زیر بستر سازه جریان می یابند . این مشابه دوغاب ریزی بستر سازه های دریای شمال است اما مزیت های نفوذ پذیری ، فونداسیون بدون پیوستگی ، توانایی تطابق با محل استقرار را داشته و اگر ضروری باشد می توان آن را پر نمود و شناوری را دوباره آسان می نماید .

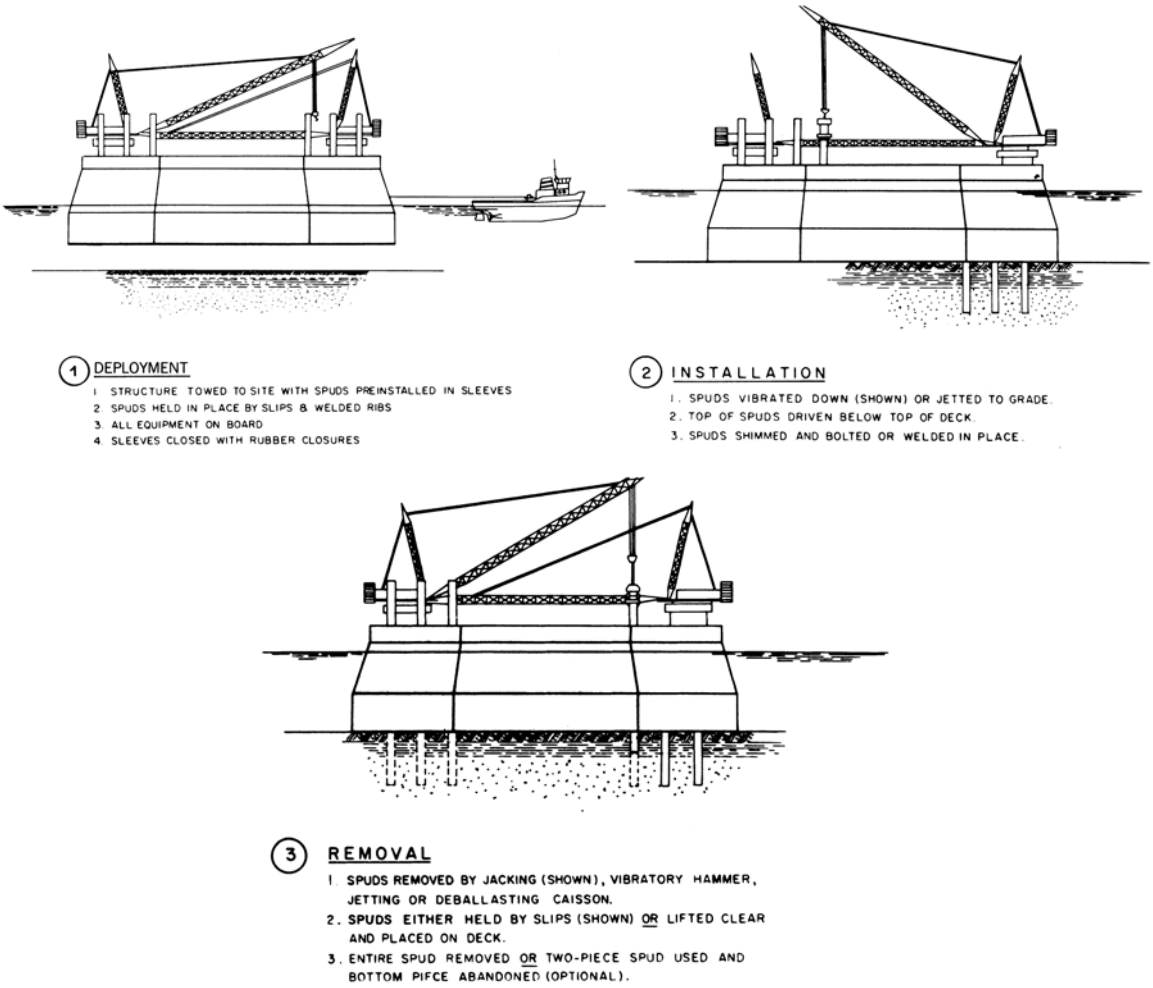
وقتی از ماسه (شن) برای پر کردن زیر بستر استفاده می شود ، سازه باید ابتدا روی ۳ یا ۴ صفحه ای که از پیش تسطیح شده اند یا یک قالب پوششی گسترده شده در کف سازه نشانده شود . برای سکوی SSDS1 صفحات از یک تخته بتنی با یک لایه پلی اورتان نصب شده روی آن بودند که پشتیبانی تحت فشار خمشی کم در طی ساخت را ارائه می نمود. اما وقتی سازه به طور کامل روی آن متعادل شد، فشرده شده و به طور مستقیم بار را به شن منتقل نمود .

قالب ها (Skirt) معمولاً برای آب بندی دور محیط کیسون برای جلوگیری از شسته شدن آن ، کمک کردن به انتقال نیروی برشی به کف و پرشدن زیر بستر با شن به کار می روند. به محض فرود، دامنه‌ها باید به وسیله وزن سازه، نفوذ را ایجاد نمایند . در آب های کم عمق قطب شمال ، وزن سازه ممکن است محدود باشد . از این رو اغلب باید تعادل سازی حداکثری به کار گرفته شود .

برخی سازه های اکتشافی و شاید تمام آنها با دوغاب ماسه متعادل خواهند شد تا وزن مورد نیاز برای پایداری تحت بارهای حداکثر یخ را ارائه دهند . این دوغاب در میان لوله های از پیش نصب شده پمپ خواهد شد و از مخازن بالاست گوناگون تخلیه می شود .

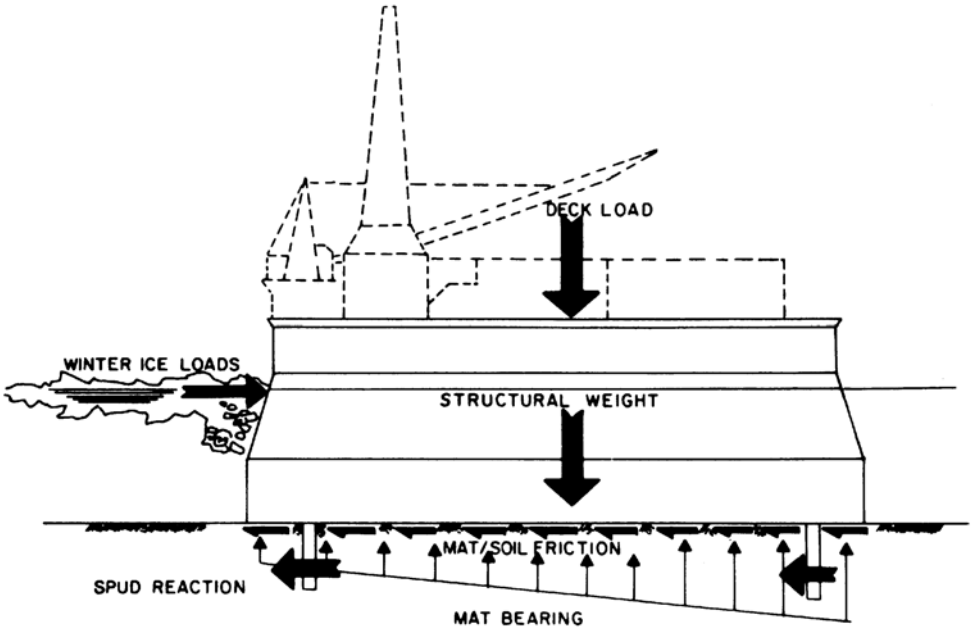
پس از اینکه سازه نشانده شد ، عملیات تسطیح ممکن است نیاز باشد . این عملیات اگر در کناره های سازه در بالای بستر ، صافی پارچه ای از پیش نصب شود می تواند بهتر انجام گیرد . سپس از نشاندن ، این ها می توانند از پهلو باز شده و سنگ ها و یا تکه های بتن پوششی را کار بگذارد .

اگر ستون های تکیه گاه یا شمع های پایه پس از قرار دادن نصب شدند ، شیوه های کوبیدن آنها وابسته به شرایط بستر خواهد بود . یک طرح پیشرفته برای Sohio – BP ، از ترکیب پایه های فولادی با قطر ۸۴ in (۲/۱۲mm) با دیوار هایی با ضخامت بیش از ۳ in (۷۵mm) بود . پس از پیاده سازی ، پایه ها در میان لایه ها بالایی ضعیف ، در درون بستر قوی زیرین کوبیده می شوند . (شکل۲-۹۳)



شکل ۲-۹۳ : مراحل نصب

در لایه های انباشته شده در بالا ، جتینگ فشار بالا در داخل ستون ها وجود دارد که سوراخ ها را باز می کند . هم زمان با یک کوبنده ارتعاشی یا ضربه ای، کوبیده می شوند تا به نفوذ مورد نظر دست یابند . به طور مشابه در سر تا سر شن ها لایه های یخ زده (پوسته منجمد زمین) ، جتینگ با فشار بالا وسیله موثری است که مصالح را شکسته به نفوذ ستون ها دست پیدا می کند . برای از بین بردن شمع های کوبیده شده درون پوسته منجمد زمین ، می توان توسط سیستم فشار بخار آب در میان آب در هسته شمع انجام شود . رسانیدن ارتفاع آب در ستون بالای سطح تراز آب به شکسته شدن نواره زمین به وسیله افزایش فشار منفذی در کف مجاور آن کمک خواهد نمود .(شکل ۲-۹۴)



شکل ۲-۹۴: عملیات شماتیک نفوذ در بستر توسط پایه ها

این سیستم به طور موفقیت آمیز برای از بین بردن ستون سیلندری با قطر ۲ m و طول ۱۰۰ m نصب شده به روی سکوی مهار موقتی سد جلوگیری کننده از امواج طوفانی Oostenschel در هلند استفاده شد. سپس از حذف ستون سازه آزاد برای ایجاد جا به جایی و ایجاد وضعیت مناسب حرکت می کند ، شن تعادل سازی توسط پمپ حذف شده و سازه در مرکز شناوری ذاتی خودش دوباره متعادل می شود .

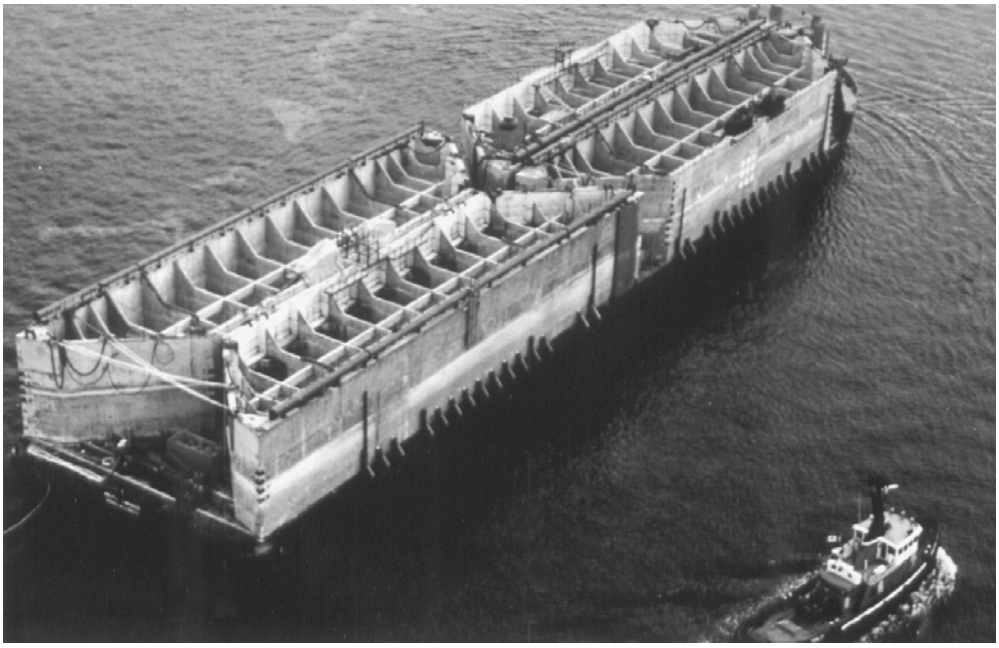
وقتی غرقه سازی در آب با فشار آب منفذی برابر شد ، یک انتهای سازه در پی بلند شدن غیـر متعـادل شده و سپس انتهای دیگر هم بالا می آید . GBS-۱ به راحتی از فونداسیون رسی خـودش در اولـین موقعیـت در نظر گرفته در دریای Beaufort توسط غرفه سازی آب در زیر بسترش ، رها شد . بدین سان ایـن مطـرح شد که اثر مکش می تواند به وسیله این روش به طور موثری غلبه نماید . (شکل ۲-۹۳)

در حفاری های اکتشافی در امتداد آب های عمیق ، یک سازه زیر آبی ابتدا نشانده می شود کـه یـک کیسون حفاری اکتشافی روی آن نصب است . بستر های فولادی و بتنی ، هر دو پیشنهاد می گردد . این طرح به طور موفقیت آمیزی برای نصب سکوی حفاری SSDC به کار برده شد .

پس از اینکه زیر بستر به طور کامل در آب فرو رفت ، شناور آن روی بستر دریـا قـرار مـی گیـرد کـه یک مشکل پایداری را ایجاد می نماید . استفاده از مخازن تعادل سازی متعدد ، نصب شده بر گوشه های آن، قادر است به خوبی و به طور کامـل هـدایت بـرای جفـت گیـری را کنتـرل نمایـد . مشـکل بعـدی تکیـه گـاه Caisson با قطر ۱۰۰ m تا ۱۵۰ m ، روی زیر بستر می باشد . در برخی مواقـع از یـک پلاسـتیک قیرگـونی ویژه که به طور یکنواخت مخلوط شده است برای تکیه گاه استفاده می شود . یک زیر بستر طراحی می شود که به عنوان فوم میانی تراکم پذیر به کار می رود . سطح مشترک باید بتواند نیرو های برشی را پس از نصـب منتقل کند . این قبیل زیر سطح ها به طور موفقیت آمیزی در SSDC استفاده شد و توانست در آب های عمیق کارایی داشته باشد . در طی ساخت سازه های فرا ساحل قطبی ، ملاحظاتی باید در باره امکان صدمه دیـدن و انهدام سازه ایجاد شده، به علت امواج یا انجماد دریا در نظر گرفته شود . این حالت هـا مخصـوص وقتـی کـه سازه در طی زمستان کامل شود بحرانی تر می شود .

کیسون های محافظ جزیره ها ، در معرض تخریب تدریجی قرار دارند. بنابراین باید یک روش با دوام اختیار شود،از این رو آنها مشکل سازه را با خاکریزی در میان سطح مشترک هوا - دریا که بیشتر صدمه می بیند حل می کنند تا صدمه روی دیوار خاک ریزی اتفاق بیفتد .

نصب و برداشتن کیسون های جزیره Tarsiut برای آینده‌ی سازه های قطبی خیلی آموزنده می باشد. چهار کیسون ، در ونکوور به طور پیش تنیده شده و پیش ساخته شده با بتن سبک وزن بنا شده و توسط یک بارج حمل کننده بزرگ به سمت محل نصب برده شد . سپس در اواسط راه آب اندازی شده و بقیه مسیر را به طور خود شناور روی سطح آب یدک کشی شد . (شکل ۲-۹۵)



شکل ۲-۹۵: کیسون در حال یدک کشی

جزیره شنی خاکریزی شده با ارتفاع ۶ m- ایجاد شد . جایگاه نشستن کیسون ها با خطای ۱۵۰ m ± تسطیح شده بود . کیسون ها به طور ماهرانه ای با استفاده از وینچ های نصب شده روی کیسون ها و خطوط مهار نصب شدند . خطای به دست آمده‌ی خیلی خوب ، این سیستم را برای تثبیت موقعیت تایید نمود . سپس از ورقه های فولادی برای بستن منافذ کیسون استفاده شده و کیسون ها با شن پر شدند . (شکل ۲-۹۶)

شکل ۲-۹۶: کیسون پر شده با شن

در طی یک طوفان تابستانی ، امواج به سمت زاوایای مقعر در اتصالات متمرکز شده و به علت شسته شدن دانه های شن از زیر کیسون ، اجازه دادند تا دروازه ها و صفحات فولادی از جای خود بیرون آیند . خمیدگی های ممتد زیرین و با افت پشتیبانی شن های نشیمن گاه ، دروازه ها خراب شده و m^3 ۱۶۰۰۰ شن شسته می شود .

درسهای مختلفی را یاد می گیریم که در پاین آمده است :

۱) لزوم جلوگیری از شسته شدن و تحلیل تدریجی (فرسایش) در زیر کیسون ها ، مخصوصاً نزدیک انتهایشان .

۲) لزوم تامین سازه ای دریچه ها در برابر نیروی امواج و یخ ها و شامل نیرو های سیکلیک.

۳) لزوم به رفع زوایای مقعر در اطراف سازه برای جلوگیری از تمرکز انرژی امواج در آن .

.

شکل ۲-۹۷ : تور پوشیده روی سنگ

یک روش برتر، بستن درون و بیرون به وسیله ستون های ورقه ای فولادی قوسی متصل شده به هم در کیسون ها می باشد. استفاده از تور پوشیده روی سنگ است که راه حل چاره ساز اختیار شده برای Tarsiut بود . در زمستان ارتفاع دیوارهای پیرامونی به وسیله نصب تور های پوشیده از سنگ (سنگ ریزه با تور فلزی) بلندتر شد که محافظت خوبی را ارائه داد. (به شکل۲-۹۷ نگاه کنید) آنها به هم متصل نشده بودند تا بتوانند در تابستان بعدی تور های پر شده از سنگ رویی را بر داشت، اما آنها به طور کامل به هم متصل شده بودند.

۲-۳-۲-۲-۹ دوام

قطب شمال برای فولاد و بتن منحصر به فرد می باشد . برای فولاد دما های پایین مشکلات شکستن از تردی را افزایش داده و انرژی جذب را کاهش می دهد ، نه فقط صفحات فولادی بلکه جوش ها (اتصالات) هم تحت تاثیر اند . پیشرفت عمده ای در غلبه بر این مشکلات به وجود آمده است ، تا امروزه فولاد های دمای پایین قابل اعتماد و شیوه های جوشکاری اقتصادی در دسترس و قابل استفاده هستند .

صفحات فولادی خارجی در معرض سائیدگی(فرسایش) از یخ ها و خوردگی از نمک منطقه هوا – آب هستند. آب به سبب دمای پایینش، درصد بالایی از اکسیژن محلول دارد . سائیدگی حذف شده خوردگی در سطح طغیان آب بی حفاظ را ایجاد کرده ، خوردگی جدید می تواند شروع شود ، از این رو نرخ فرسایش- خوردگی در جریانات سریع و آب مملو از نمک با وجود دمای پایین ، بیش از ۰/۳ $mm/year$ می باشد .

هر دو پوشش اپوکسی متراکم و پلی اورتان متراکم در بازار و در دسترس اند که محافظت عالی از سطح فولاد و فرسایش را ارائه می نمایند . این پوشش ها در هر یک تا دو سال به یک ترمیم نیاز دارند . یک دیواره‌ی حائل سبک کوچک می تواند برای آب گیری نمودن مناطق ترمیمی استفاده شوند . برای فولادهای داخلی قسمت ها ، از آندقربانی شوند ، مناسب استفاده می گردد .

بر اساس سازه های بتنی، بتن با کیفیت بالا ، با نفوذ پذیری کم و ورود هوای بهینه طراحی می گردد. صخره های سخت معمولی و مصالح ریز دانه کم وزن با کیفیت بالا استفاده خواهد شد . فوم سیلیکا برای بهبود دادن قدرت پیوند و مقاومت سائیدگی مخلوط باید استفاده شود .

منبع بزرگ مشکلات برای سازه های بتنی ترک خوردگی حرارتی ، از هم پاشیدگی بر اثر انجماد، ذوب شدن و سایش با یخ است . ترک خوردگی حرارتی در هنگام ساخت به علت جلوگیری از خنک کاری پس از افزایش دما به سبب حرارت ئیدراسیون است .

تعیین نسبت ترکیب مناسب ، انتخاب سیمان ، استفاده از پوزولان (نوعی سیمان) و تشکیل عایق می تواند ترک خوردگی را کاهش داده و یا رفع کند. جزئیات مناسب آرماتور در سطح در معرض دید می تواند کنترل ترک خوردگی به سبب افزایش دما در طی ساخت و کاربری را بر آورده می کند .

فروپاشی انجماد – ذوب شدن سطح خارجی بتن می تواند با استفاده از پخش هوا از منافذ مناسب و اندازه لازم توسط استفاده از یک ترکیب متراکم غیر قابل نفوذ و با استفاده از مصالح دانه ریز با نفوذ کم آب (کمتر از ۶٪) جلوگیری نمود . سیمان های سر باره ای کوره های بلند ، حساسیت مبادرت به انجماد و ذوب بیشتری نسبت به سیمان پورتلند با خاکستر بادی را دارد .

یک مشکل خاص ممکن است که وقتی قسمت های خارجی با آب دریا بیش از سطح تراز دریا پر می شوند، رخ دهد . نفوذ آب درون بتن ، ترکیب شده با دمای هوای خیلی پایین می تواند یک سطح منجمد شده درونی دیوار بتنی ایجاد کرده ، سرانجام به لایه لایه شدگی منجر شود . دیوار های داخلی در این ناحیه باید با یک غشاء غیر قابل نفوذ پوشانده شوند . فرسایش با یخ یک مجموعه برهم کنش اصطکاکی ضعیف و انقباض در انجماد پدیدار می کند . استفاده از بتن خیلی متراکم ، شبیه آنکه به وسیله افزودن فشردگی فوم سیلیکا در ترکیب ایجاد می گردد ، نتایج تقریباً خوبی را مبنی بر آزمایشات و تست ها انجام شده ، ارائه می دهد . ورق پوششی فولادی در فانوس های دریایی ، دریای بالتیک استفاده شده بود . پوشش پلی اورتان و سرامیک ها عوامل بالقوه حل مشکل هستند . (شکل ۲–۹۸ را ببینید) .

شکل۲-۹۸: سطح آبخور فرسایش یافته با حرکت یخ

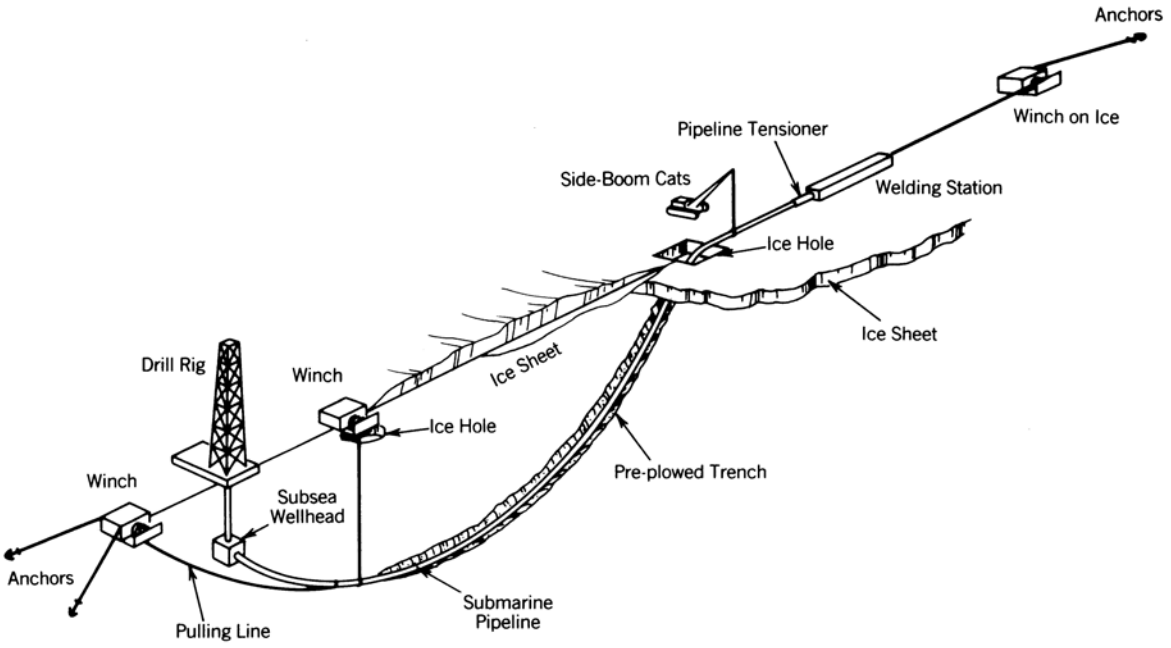
خوردگی آرماتور ها (تقویت کننده ها) نباید با یک بتن فشرده مانند آن که به وسیله افزودن مختلط فوم سیلیکا و سوپر پلاستیک ها به دست آمده ، رخ دهد . اگر عرشه سازه بتنی است و اگر از نمک مانند کلریدکلسیم ، توسط پرسنل فعال برای جلوگیری از یخ زدن هوا و آب پاشیده شده استفاده گردد ، از این رو عرشه ها باید برای زهکشی به خوبی شیب داده شود و لایه های بالایی آرماتور فولادی با اپوکسی پوشش داده شود .

۲-۳-۲-۳ نصب خط لوله در قطب

در مناطق قطبی که۴۰ تا ۶۰ روز آب باز می باشد می توان نصب لوله کشی را توسط یک بارج لوله گذار بکار برد . آب کم عمق و اقلیم با موج کم بوده و تقریباً اکثر مشکلات وابسته به لوله گذاری آب های عمیق را ندارد. بنابراین روش‌های جوشکاری ویژه ممکن است نیاز باشد، اما دمای محیط در ابتدا پایین است.

خطوط لوله کشی در قطب شیاری طولانی با ۳ تا ۶ متر عمق است تا از لوله ها را در مقابل برخورد یخ‌ها محافظت نماید و عمق آب زیر حداقل ۵۰ متر می باشد . سریعترین وسیله برای کندن شیار به وسیله استفاده از یک شیارکن کارسنگین می باشد . این ممکن است با یک واتر جت با فشار آب بالا تجهیز گردیده تا سطح رویی سیلیسی بیش تراکم شده و هر پوسته یخ زده زمین و یا هر یخ در منطقه نزدیک ساحل را بشکند .

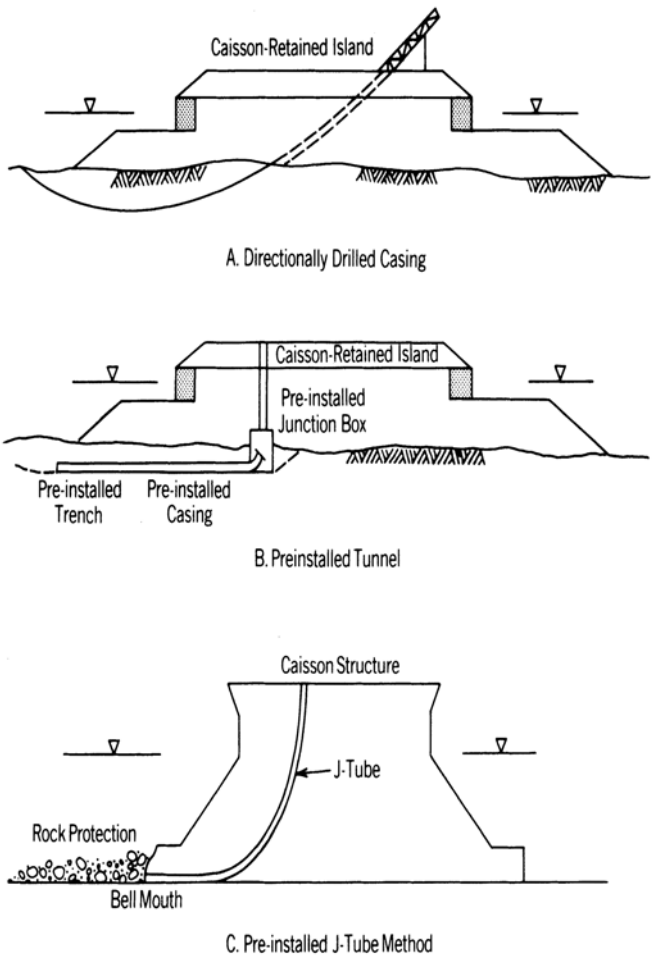
خطوط لوله در مناطق دیگر می توانند کشیده شده و در زیر یخ هم کار کند . خطوط کشیده شده باید روی بستر دریا پخش شده ، شاید از یک زیر دریایی یا ROV برای نصب یک خط ارسال استفاده شود . در یخ های سخت در زمستان ، حفره های ممکن است در فواصل بریده شده و یخ در جلو رفتن از آن استفاده نموده و لوله را خم نماید . برای Panarctic Dnake ارتباط خطوط یک لوله چند لایه ای ۱۴۰تنی برای استفاده بهینه شده بود . خط ساحلی ۳۰۰ متری با یک پوشش ۲۴ اینچی (۶۰۰ میلی لیتر) پوشش داده شد . وینچ ها در فاصله ۱ کیلو متری روی یخ نصب شده بودند (شکل۲-۹۹) . خط لوله درون یک شیار با عمق دو متر کشیده شده بود که با سنگریزه برآمدگی یخ زدگی را شکل داده بود . لوله گذاری به شکل سازه مرتبط است . برخی سازه ها می توانند با لوله های j شکل بهتر تجهیز شوند. در مواردی یک غلاف منحنی می توانست درون بستر دریا حفر شود و از یک لوله قرار داده شده در آن استفاده شود. یک پوشش شیب دار ممکن است قرارداده شود و یک زانویی نصب گردد که این روش اتصال به گوشه کیسون را ناگزیر میسازد .



شکل ۲-۹۹ : روش لوله گذاری در مناطق قطبی

متناوباً اتصالات اولیه ممکن است به وسیله فلانج های آب بند ، با یک ایجاد کننده نزولی به سمت خط زیر آب از سکو ایجاد شده و یک جوش در انتها نیاز باشد (شکل ۲-۱۰۰) .

در شن ها ، تثبیت محلی ممکن است در اطراف منطقه اتصالی نیاز باشد که با استفاده از دوغاب های شیمیایی مناسب برای دمای پایین ایجاد می گردد . راه حل دیگر ساخت یک تونل لوله ای در بستر سازه است . سپس خط لوله در آن کشیده شده ، تونل از آب خالی می شود تا اجازه جوش دادن لوله را بدهد . در انتهای ساحل ، خط لوله همیشه به منطقه زمین یخ زده وارد می گردد .



شکل ۲-۱۰۰: چند طرح لوله گذاری در سازه های فراساحل قطبی

محافظت ساحل از فرسایش به علت آب شدن یخ بستر و فرسایش امواج بعدی ، یک از موضوعات به شدت مهم طراحی می باشد . سازنده می توانند اقداماتی از قبیل پوشش دو تایی سرد کننده یا عایق کاری مخصوص یا یک گذر گاه پر شده با سنگ را پیش بینی نماید .

۲-۳-۲-٤ مسیر های یخی

در ابتدا ، توجه به استفاده از یخ در موارد سازه ای برای سازه های موقتی قطبی یک امر ذاتی بود . در جنگ جهانی اول ، تحقیقات قابل توجهی به طرف مخلوطی از یخ و خاک اره جلب شده بود و Pi-Crete نامیده می شد ، که برای استفاده مناسب در ساخت فرودگاه های شناور اولیه ،هواپیما را به عبور و مرور روزانه به اقیانوس اطلس قادر می ساخت ، امیدی می داد . در زمان های بعدی، از یخ برای گذر گاه خروجی روی یخ های شناور و سکو های حفاری موقتی استفاده شد، که در آب راه بین جزایر قطبی این یخ‌های شناور از هم جدا شدند . گذرگاه های یخی با غرقه سازی تدریجی با اجازه دادن انجماد لایه به لایه ساخته می شوند . خاکریز ها (سد) با برف و قطعات یخی شکسته شده ساخته می شوند . آب از سوراخ های حفر شده در یخ ها فراهم می شود . از چنین گذرگاه هایی کامیون های سنگین عبور کرده و برای انتقال دادن سنگ ریزه ها به محل استقرار فرا ساحل استفاده می گردد . سپس سنگ ریزه ها در میان سوراخ های حفر شده در یخچال درون محل ساخته ریخته می شوند . جا به جایی کامیون ها مخصوصاً وقتی به صورت کاروانی با سرعت بالا هستند ، می توانند در باریکه شناور انعطاف پذیر، تشدید تولید کرده و منجر به شکستن آن می شوند . برای جلوگیری از این اتفاق لازم است تا سرعت و فاصله آنها کنترل شود .

ابلاغیه رسمی شماره API ۲ ، در بخش((طراحی مسیر های یخی)) به طور جزءبه جزءتشریح نموده که : دستور به توجه کردن به مشکلات لبه های بارگیر و باز شدن شکاف ها به علت نیرو های جزر و مد ، دمایی ، باد و سایر نیرو ها شده است . شکستگی های دمایی عموماً در مسیرهای یخی به دنبال ساخت پدیدار می گردد . این چنین ترک هایی به دنبال تسطیح برف و تغییر زیاد دمایی قابل توجه هستند . ترک‌های خشک اغلب با آب یا برف ترمیم می شوند . اگر دو شکاف مرطوب از یک لبه متصل شوند ، می تواند یک موقعیت بسیار خطرناک رخ دهد .

به طور مستقیم دستور به دقت در فاصله وسایل حمل و نقل در مسیر های متقابل و هم مسیر شده است تا تقویت دینامیکی به سبب امواج ایجاد شده با وسایل و پدیده خستگی ، به علت وسایل باربری با بارگذاری سنگین با فواصل نزدیک ایجاد نگردد . عمر لایه های حفاری شده ساخته شده روی لایه های یخ توسط غرفه سازی تدریجی و انجماد ، در تابستان با استفاده از پوشاننده های پلی اورتان افزایش می یابد . آزمایشهای قابل توجه ای توسط اتحادیه نفتی Exxon Amoco , Sohio در جزایر مصنوعی یخی گسترده برای استفاده در دوره سالیانه حفاری جزایر در آبهای خیلی کم عمق دریایی Beaufort انجام شد . آب توسط سیستم پاشش چرخه ای به روی یخ ها در منطقه پاشیده می شود . این کار به یخ زدن سریع همچنین به ادامه عملیات اجازه می دهد .

مشکل اصلی که در پاشش رخ می داد ، آب شدن و فرسایش لبه های یخی کنار های پیرامون منطقه پاشش بود که به شکسته شدن آنها منجر می شد. مشکلات دیگر گسترش ترکهای ناشی از تنش حرارتی میباشد . وضع بسترها و پشته های یخ زده باید به طوری فوری بررسی شده و عملیات تعمیر در آنجا انجام شود. ترک ها در سازه های زمینی یخ زده ممکن است توسط پر کردن آنها با آب ترمیم شود . تعمیر و نگهداری مطلوب با روش های حرارتی درونی که ممکن است به انجام برسد عبارتند از :

a) متعادل سازی سرما و گرما

b) عایق کاری برگزیده (مانند نصب یک پوشش در بهار و بر داشت آن در پاییز)

c) انتقال سردسازی (همرفتی سرما ؛ از قبیل ستون های انجمادی)

d) سردسازی فعال

قطعات یخی مصنوعی پیرامون سازه ها حفره شده فولادی و بتنی تولید می شوند تا یک میرا کننده در برابر ضربات تخته یخ های شناور بزرگ ارائه نماید .این کار در روش های مختلفی انجام می گیرد:

۱) ایجاد کردن یک سکوی شیب دار زیر آب یا خاکریز شنی یا سنگی که یخ ها در آن به گل خواهند نشست ، بدین ترتیب بتدریج یک توده قطعات یخی پوشاننده تشکیل می گردد .

۲) سریع تر نمودن این عمل به وسیله اضافه نمودن یخ تا وزن تخته یخ های کنار سازه ، آن را به سمت پایین برده و در کف به گل بنشاند. این کار توسط هل دادن قطعات در طی زمستان توسط شناورهای یخ‌شکن یا توسط بولدوزر روی یخ ها انجام شود . جرثقیل ها هم برای بلند کردن و قرار دادن بلوک های قطعات یخی استفاده می شوند .

۳) پاشش آب با استفاده از پاشنده‌ی روی سازه؛ آب یخ زده و قطعات فشرده به سرعت ایجاد می شود .

۴) آزمایشات قابل توجه ای توسط Sohio در استفاده از قاب هرمی فولادی روی بستر قرار داده شده ، انجام شد و جلوگیری از حرکات یخ ها طراحی شدند . استفاده از یخ برای سازه های موقتی قطعاً در آینده برای انجام گیری در قطب شمال گسترش خواهد یافت . محدودیت آنها به این علت که یخ جامد در دمای نزدیک نقطه ذوب است ، که این باعث خارج از کنترل بودن شکست ترد بوده و اینک فشار حرارتی و فرسایش آب می تواند منجر به شکست ناگهانی شود . برای غلبه بر این مشکل ، پژوهشگران در حال تحقیق روی وسایل استحکامی مثل آرماتور و ... هستند .

فصل سوم : سازه های متحرک

۳-۱ سازه های آب عمیق

کلیات : دریای عمیق جدیدترین و تحریک برانگیزترین حد در طراحی صنایع سازه های فرا ساحل است . اکتشافات میدان های عظیم نفتی و گاز در آب عمیق رقابت شدیدی را در این صنایع ارائه نموده ، در نتیجه پیشرفت قابل توجه ای در شیوه ها ، تجهیزات و عملیات کنترلی به وجود آمد .

تا سال ۱۹۸۶ حدود تعیین شده ۳۰۰ متر بوده و عبارت دریای عمیق برای سکو ها ، خطوط لوله کشی در عمق ۵۰۰ متر به کار برده می شود . امروزه سکو ها با کف پشتیبانی در عمق بیش از ۵۰۰ متر ساخته شده و عملیات زیر دریا توسط تیل دکل TLP , FPSO و شناور های حفاری ساپورت شده و در عمق ۱۶۰۰ متر قرار داده می شود .

ROV ها با قابلیت رفتن به عمق ۲۵۰۰m تا ۳۰۰۰ m امروزه در دسترس هستند . کشتی های حفاری در عمق ۳۰۰۰ m دریا کار می کنند . مرز عمق دریا در منطقه فعال وسیعی پدیدار می شود . حفاری های اکتشافی برای نفت در عمق بیش از ۳۰۰۰ m انجام می شود . سازه های شناور برای این روش ممکن است نیازمند ابزار مهار در عمق ۴۰۰۰ m باشد . در این نوع دریا خطوط لوله و کابل های جریان در محدوده عمق ۳۰۰m تا ۶۰۰ m نصب می گردند .

برای اهداف این بخش ، در دریای عمیق ، عمق هایی را که در آنها کار کردن نیروی انسانی از نظر اقتصادی مناسب نیست (عمق بیش از ۵۰۰ m) و جاهایی که فشار هیدرواستاتیکی معین شده بیش از مقدار طراحی شده است ، را معرفی کرده تا تجهیزات ویژه ، سیستم ها و روش های کاری مورد نیاز را ارائه دهد .

۳-۱-۱ شرایط و پدیده ها برای عملیات در عمق دریا

عوامل عمق که برای سازنده نگران کننده است شامل مطالب زیر می شود :

۱) فشار هیدرو استاتیک بیشینه ؛

۲) چگالی آب دریا به علت فشار بالا و دمای پایین تغییر می کند .

۳) کاهش در حجم به علت اثرات ضریب کشیدگی (معمولاً مهمترین دلیل برای مواد با ضریب پایین مثل فوم پلی اورتان)

۴) جذب آب در بتن و سایر جامدات ؛

۵) جذب گاز در جامدات سازه ؛

۶) قابلیت اختلال آب و سایر سیالات ؛

۷) تغیرات در مقاومت استحکامی ؛

۸) امواج درونی ؛

۹) لایه های متراکم ردیف های آب ؛

۱۰) نفوذ آب به سیستم های هیدرولیکی ، اتصالات الکتریکی و غیره به علت فشار بالا.

۱۱) دشواری کنترل به علت تاخیر زمانی در پاسخ سیستم هیدرولیکی به سبب امتداد بلند خطوط . به این دلیل دریا های عمیق با استفاده از کنترل کننده های الکتروهیدرولیکی بهتر کنترل می گردند .

۱۲) کشش دینامیکی و استاتیکی در کابل ها ، لوله های جداری ، میله ها و ... به علت طول زیاد .

۱۳) کنترل مشاهدات و تجهیزات کنترلی برای تثبیت موقعیت ، جهت یابی و هدایت و..

۱۴) بستر دریا که معمولاً در مناطق ساحلی صاف و مسطح هستند نیاز به قطعات شیب دار و نقشه برداری قوی هستند .

ریزش خاک ، جریانات گل و لای ، توده های متراکم آبدار ، گسل های فعال ، فرسایش سطح دریا و... همه در آب های عمیق وجود دارند . مسیر یابی خطوط لوله هم در این آبهای عمیق از اهمیت ویژه ای بر خوردار است .

۳-۱-۲ تکنیک ها برای سازه های آب‌های عمیق

سازنده تعدادی شیوه مخصوص استفاده در آب های عمیق در دسترس دارد :

۱) ROV های آب های عمیق با توانایی اجرا و نقشه برداری و انجام ماموریت های ویژه .

۲) دستگاه های دریافتی صوتی و الکتریکی که قادرند به طور فوق العاده صحیح اندازه گیری کرده و موقعیت یابی و جهت یابی را کنترل نمایند . این ها شامل ژیروسکوپ ها ، عکاسی های صوتی و تصویری ، ویدئو ها و تجهیزات صوتی هستند .

۳) برخی تجهیزات که می توانند به طور موثر در ROV ها یا فیبر نوری استفاده شده در زیر دریا برای انتقال اطلاعات مستقر شوند . همچنین اینها می توانند در خود سازه هم مستقر شوند . یک تعداد از اینها به طور موفقیت آمیز در سکوی Cognac در طی نصب به کار برده شده است .

۴) روش های استفاده از امواج و ژئوفیزیکی می تواند استفاده شود تا نا همواری ها و لایه های در زیر لایه گل و لای را معلوم نماید .

۵) موقعیت یابی دینامیکی که هم در سطح دریا با پیشرانه پروانه ای معمولاً به کار می رود، هم در عمق که پیشرانه جت که اغلب کاربرد پذیر است . اینها می توانند با کنترل کامپیوتری از موقعیت تعیین شده توسط داده های ورودی از ماهواره های روی سطح و فرستنده های صوتی در دریاها و در روی سطح کف دریاها پشتیبانی و نگهداری نماید .

۷) فوم ترکیبی ، با تراکم کم و قابلیت مقاوم فشار هیدرواستاتیک بیش از ۶۰۰۰ m .

۸) مصالح با تراکم بالا برای کنترل وزن این ها شامل گل و لای حفاری باریم سنگین وزن و دوغاب سنگ آهن می باشد .

۳-۱-۳ سکو ها در دریای عمیق

کلیات : در عمق بیش از m ۳۰۰ ، تمایل به استفاده از سازه های موافق که دوره آنها بلند تر از موج طراحی شده می باشد وجود دارد . اینها سازه هایی هستند که به طور عمده در حرکات عرضی انعطاف پذیر بوده ، با این حال توسط پشتیبانی های محوری یا برشی به بستر دریا مستقر می گردند . روش های متعددی برای رسیدن به این واکنش پیشرفت کرده است : برخی مهار شده ، برخی انعطاف پذیر غیر دائمی و یا ستون های مفصلی . برج ها خودشان با یک سطح متقاطع نسبتاً ثابت به ستون ها جفت می شوند ، هر چند یک لوله با قطر بزرگ هم روشی عملی است . بستر آنها ، یا شمع است یا پایه ، تا از برج پشتیبانی کرده و در مقابل نیرو های برشی عرضی مقاومت را ارائه دهند . بستر آنها ممکن است به طور جداگانه یا متصل شده به برج نصب نمایند .

۳-۱-۳-۱ برج مهار شده

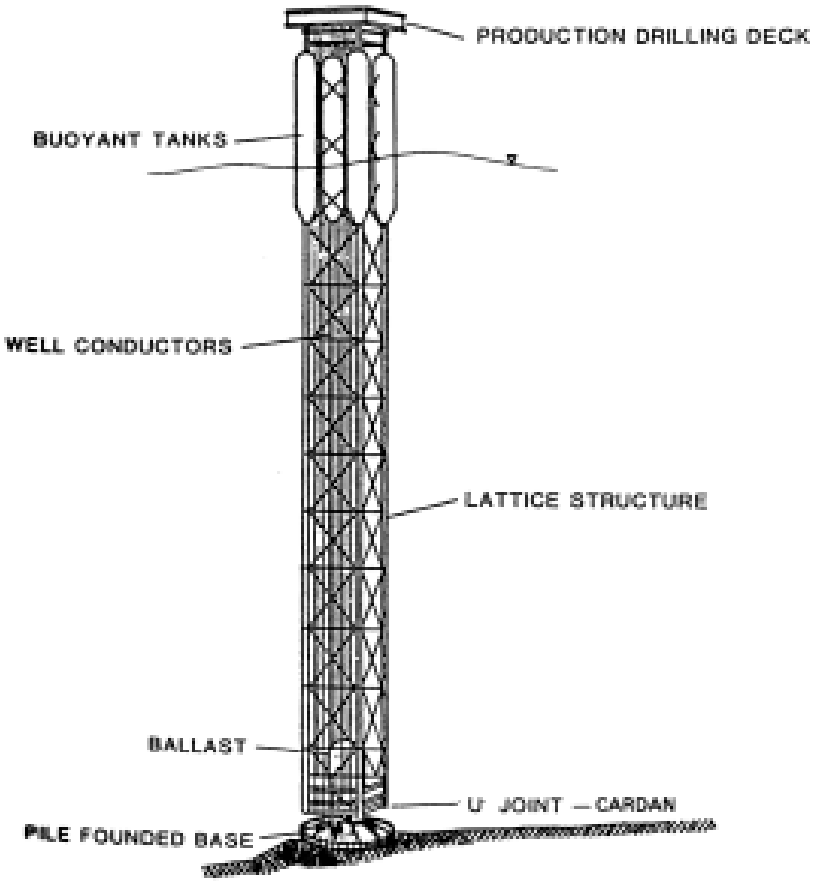
ساخت برج بر روی یک سرسره انجام می شود . نظر به اینکه سازه در ابتدا در آب های عمیق استفاده شده است ، اغلب به صورت دو نیمه ای ساخته می شوند . بهتر است که به جای ساخت دو نیمه ای ، در ابتدا یک قسمت ساخته شده ، سپس قسمت بعدی به طور کامل روی آن منطبق شود . هر چند اگر کارخانه کشتی سازی فضای کافی در اختیار نداشته باشند ، یک قسمت کوچک مفصل می توانند در ابتدای ساخت دو قسمت را به هم متصل نمایند . سپس این قسمت به سمت ساحل از پهلو تا انتهای سرسره ، سر می خورد و همچنین نصف دیگر قادر است تا در یک کارخانه معمولی ساخته شود . نیمه بالایی قسمت های جفت گیری می تواند از پهلو در یک سرسره آب اندازی به سمت پایین سر بخورد سپس انتهای خارجی پایین برده شده و نیمه بالایی با نیمه بالایی ، با هم ساخته می شوند .

بدهی است که اختلافات متعددی وابسته به جانمایی و ترتیب وسایل کارخانه سازنده در مطالب بالا وجود دارد. اکنون هر نیمه به یک موقعیت آب عمیق حفاظت شده منتقل می شود و سپس آب اندازی می گردد . نکته اینکه آب اندازی می تواند هم با انتهای دایره ای و هم از طرفی که سازه یکنواخت است صورت پذیرد . جفت گیری شناور ها می تواند از روش استفاده از مخروط های برش خورده و لوله های در دسترس آب بندی شده ، با توانایی جوشکاری در خشکی تبعیت کند مانند سکوی Hondo . مخازن شناوری موقتی، اینک برج های شناور که بطور افقی بر روی پایه های بالایشان قرار گیرند را ارائه می نمایند.

یک قسمت پایه مانند در انتهای پایینی برج ساخته می شود. پس از جفت گیری و جوش دادن پایه ها یک سازه کامل شکل گرفته ، برج های شناوری کمکی در انتهای پایینی برج با اندکی شناوری منفی بالاست می شود. حال سازه یک وضعیت اندک شیب دار داشته و به موقعیت نصب خودش یدک کشی میشود. بالاست اضافه شده به پایه می تواند قسمت قسمت شده و پایه های جک پایین رفته سبب بر پایه نشاندن سازه شود . گشتاور های خمشی در برج نیازمند محاسبه دقیق برای این عملیات بوده و ممکن است مستلزم بالاستینگ تدریجی قسمت های میانی در برج باشد. مخازن شناور موقتی بالایی طراحی می شوند تا سازه به طور عمودی در موقعیت شناور شوند . بالاستینگ ثانویه پایه های جکت و ستون ها می تواند سبب ساخت کف تماسی شده و سپس ستون به بستر نیرو وارد نماید. سپس لنگر های ستونی ممکن است با استفاده از کشتی حفاری ، حفر شده و سپس بتن ریزی شوند .

۳-۳-۱-۳-۲ برج مفصلی

این برج ها توسط یک مفصل که چرخش را در دو جهت عمود بر هم تطبیق می کنند، متصل می گردند. یک مانع چرخشی از چرخیدن برج جلوگیری می نماید. شناوری انتهای بالایی برج عمود نگه داشتن آن را نتیجه می دهند. برج مفصلی قادر است چوب بست خود را آزاد نماید. (شکل ۳-۱)



شکل ۳-۱: برج مفصلی

۳-۱-٤ سکو ها با پایه های بلند (TLP)

سیستم سکو ها با پایه های بلند شامل یک اسکلت قابل شناوری مهار شده توسط بتن های فولادی خیلی قوی زیر یک قاب بستر دریا یا کف آن تحت فشار می باشد . هرچند در ابتدا در عمق های متوسط آب در دریای شمال استفاده می شد ، اما این روش بعد ها در آب های عمیق هم پیشرفت نمود . تاسیسات TLP در خلیج مکزیک در عمق ۱۰۰۰ متری و بیشتر ساخته شد . سکوی Hutton در سال ۱۹۸۴ در دریای شمال نصب گردید . اسکلت سازه ، یک سازه قابل شناور در آب های عمیق شامل یک بستر شناور و ۶ پایه با قطر بزرگ محوری ستونی بود . نصب سکوی Hutton TLP یک مثال بسیار خوب برای بررسی های مهندسی، برنامه ریزی و اجرا بود . که در سازه مغروق سکو بست ها و عرشه ساخته شد بود ، قالب به خوبی قرار داده شد و حفاری شده بود . سپس قالب فونداسیون بستر کف نصب گردید . تلرانس مورد نیاز در موقعیت قالب فونداسیون فاصله ۲۵۰ میلی متری ، ۲ درجه در تعیین موقعیت و نیم درجه در تراز سطح به دست آمده آنگاه یک چهار چوب کمکی فولادی ۹۰۰ تنی پایین برده شد و در روی قالب حفر شده ای که قبلاً ایجاد شده بود قرار گرفت . چهار چوب توسط جک های عملیاتی در برابر پوشش گل و لای هم تراز شد . قالب فونداسیون به وسیله چهار چوب در یک شمع پایه به طول ۳۰ متری کوبیده شده در میان هر ۶ موقعیت آنها پشتیبانی می شود . سپس چهار چوب برداشته می شود .

آنگاه در میان هر قالب ۸ شمع اصلی ، هر کدام به قطر ۱/۸ با نفوذ ۶۰ متر کوبیده شد . از یک کوبنده هیدرولیکی زیر آبی Menck MHV 1700 استفاده شده بود . شمع ها درون غلاف قالب به طول ۷/۵ متر وارد شدند و کوبنده به آنها ضربه زد که برای این کار از یک سیستم موقعیت یاب صوتی ROV دوربین دار استفاده شد . سپس از کوبیدن شمع درون غلاف بتن ریزی شدند .

نصب سکو در دریای آرام انجام شد . TLP شناور تا موقعیت یدک کشی شده بود و توسط خط مهار دو بارج جرثقیل دار بزرگ شناور که در حقیقت به وسیله سیستم لنگر به ۱۲ نقطه مهار شدن بود ، در موقعیتش ثابت شد . پایه اول در هر گوشه پایین رفته و بست لنگر در انتهای پایین درون قالب فونداسیون به وسیله چفت و بست های هیدرولیکی به هم قفل شدند . پایه لوله های تو خالی از جنس فولاد آهنگری شده با قطر داخلی ۲۶۰ میلی متر و ضخامت دیوار ۹۲/۵ mm تست شده با فشار ۸۰۰ MP بودند .

اتصالات پیچ دار نوک تیز برای اتصال قطعات به طول ۹/۵ متری استفاده شده بود .مراحل نصب در پایین آمده است :

۱) سکوی با پایه های کششی امتداد یافته توسط دو بارج جرثقیل دار شناور مهار شده بود و در ۴۰ متری موقعیت نهایی قرار گرفته بود .

۲) یک پایه از هر گوشه پایین رفته ، از اتصالات پیچ دار نوک تیز نیز استفاده شد .

۳) پایه ها به TMC منتقل شده و با ضربات بر بالای آنها بر پا شدند . (TMC مخفف اسمی شامل ترکیب پایه های فشاری ، تنظیم کننده های حرکتی که به وسیله ماشین های هیدرولیکی – پنوماتیکی عمل کرده و در حفر مهار هر سفت سازی سکوی قرار می گیرد .)

۴) سکو به بالای موقعیت نهایی در بالای قالب حرکت داده شد و در ابتدا اطراف پایه به طور مخروطی سوراخ شده بود. اتصالات چفت‌شده و برای حرکت دادن آنها کشش ۱۰۰تنی توسط TMC اعمال می شود.

۵) سوپاپ های TMC بسته شده تا از Heave (خیز برداشتن) جلو گیری نماید .

۶) سکو تا ۳۲ متر ارتفاع عملیاتی پایین آمده و کشش ۵۰۰ تنی در پایه های آن بود .

۷) بار پایه از TMC ها به بلوک های بار دائمی توسط تجهیزات حلقه چفت و بست منتقل می شود .

۸) سکوی با افزایش فشار تا ۱۳۰۰ تن در هر پایه کناری هم تراز شد . (متعادل شد)

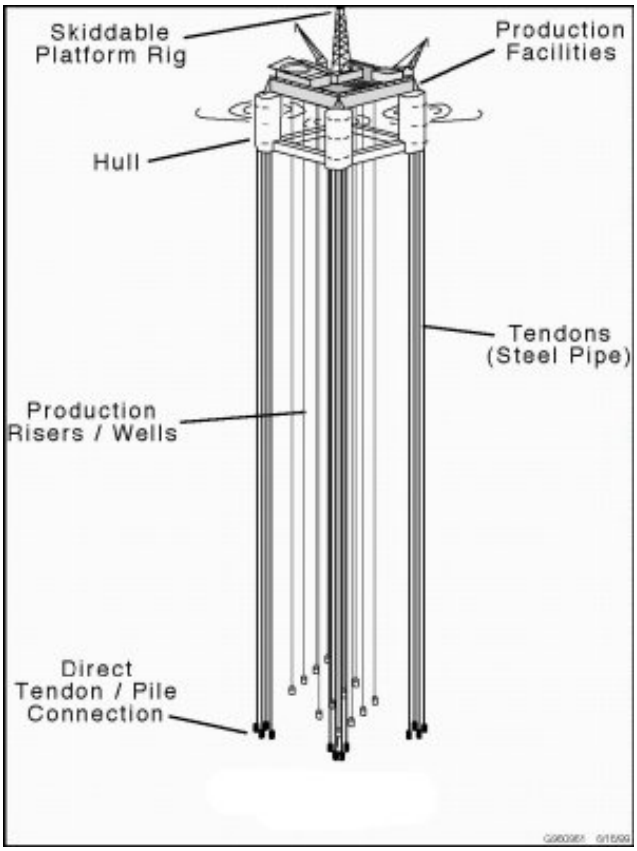
۹) ۱۲ پایه باقی مانده سوراخ شده و محکم شدند .

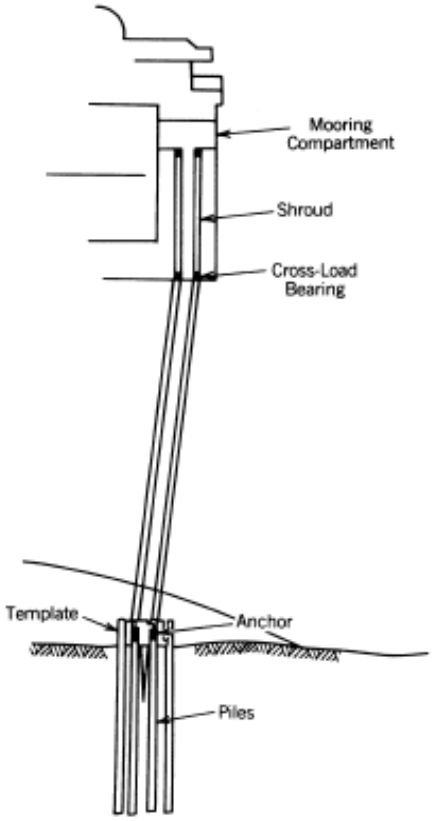
۱۰) نیروی کششی- فشار در تمام پایه ها توسط جک یکنواخت شدند .

۱۱) نیروی کشش- فشار Ton ۸۱۵ بر روی هر پایه توسط عملیات تعادل سازی تنظیم شد .

Heidrun TLP یک سازه بتنی قابل شناور بود که در یک حوضچه آب گیری شبیه سکو های بستر وزنی ساخته شده بود. عملیات ساخت توسط افزودن تقویت کننده های فولادی مورد نیاز کامل شد. بست ها از لوله های استحکام ساخته شده ، روی ساحل اسمبل شده و به آب اندازی می شوند . سپس آن را به موقعیت یدک کشی می کنند . هر کدام بوسیله غرفه سازی بر روی پایه نشانده می شوند که ساکن نگه داشتن آنها به وسیله یدک کش ها ، با کشش از جلو توسط یکی و کشش از عقب توسط دیگری انجام می شود . سپس هر بست در غلاف جفت گیری خودش روی بستر بتنی از پیش نصب شده سوراخ شده و روی اسکلت TLP درون اتصالات کشیده می شود . وقتی هر ۸ بست متصل شدند ، جک ها ضمیمه می شوند . اسکلت TLP تعادل سازی شده بود و جک ها برای تنظیم بار نهایی استفاده می شوند .

TLP های فولادی سه تایی متعاقباً به صورت فولادی ساخته شده و در عمق بیش از m ۱۶۰۰ در خلیج مکزیک نصب شدند . TLP یک روش ماندنی در عمق حداقل ۲۰۰ متر یا شاید ۳۰۰ متر را مطرح نمود .





شکل۳-۲: سکو با پایه های بلند (TLP)

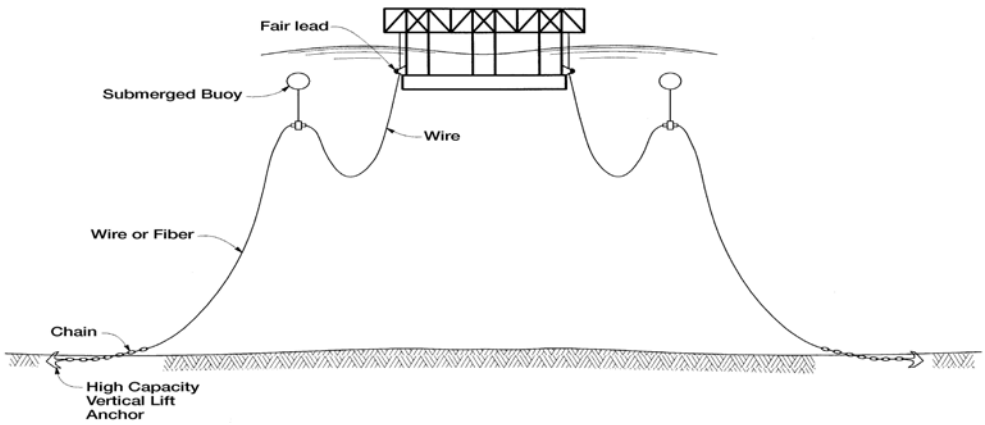
۳-۱-۵ تیر دکل (SPARS)

یکی از جدید ترین روش ها برای آب های عمیق تیر دکل است که در واقع یک لوله قطر بزرگ عمودی تو خالی به طول بیش از ۱۰۰ متر می باشد که به وسیله زنجیر یا طناب مهار و محکم می شود .

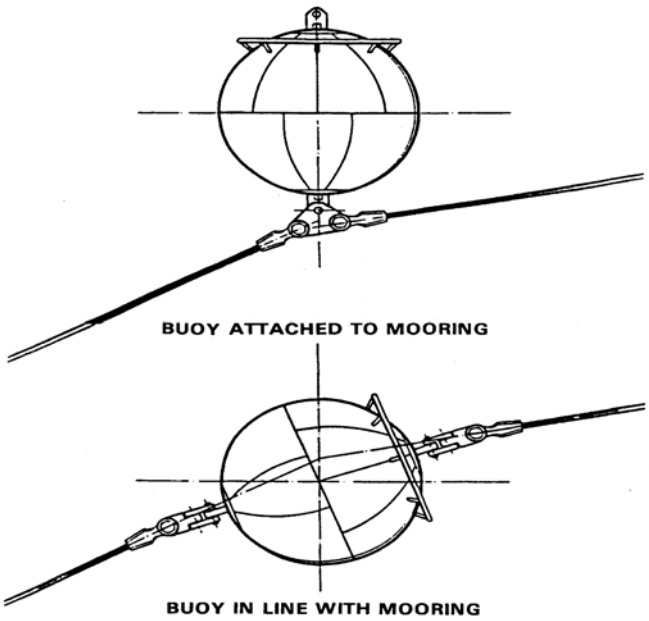
تیر دکل سازه های فولادی یا بتنی هستند که یک طرح قدیمی آن اسکلت دو دیواره ای با ته پهن شده می باشند . اسکلت های فولادی هم دو اسکلته هستند که از درون تقویت می شوند تا فشار های هیدروستاتیک شدید را تحمل نمایند . (شکل ۳-۶)

۳-۱-٦ ابزار های مهار آب های عمیق

ابزار های مهار زنجیری در آب های عمیق معمولاً از یک لنگر به یک بویه فنری غوطه ور هدایت می شوند و از آنجا به یک شناور زنجیر می گردند. بویه غوطه ور باید با ترکیبات فومی (اسفنجی) پر شوند. در تمام بویه های فنری ، نیروی محوری باید از اطراف بویه به خود بویه منتقل شود تا امواج با فورس بالا ، نیرو ها را از بویه به خطوط منتقل نکنند.بویه ها وزن ابزار مهار را در زیر نگه می دارند (شکل ۳-۳ و ۳-۴)



شکل۳-۳ : ابزار مهار زنجیری برای آب عمیق

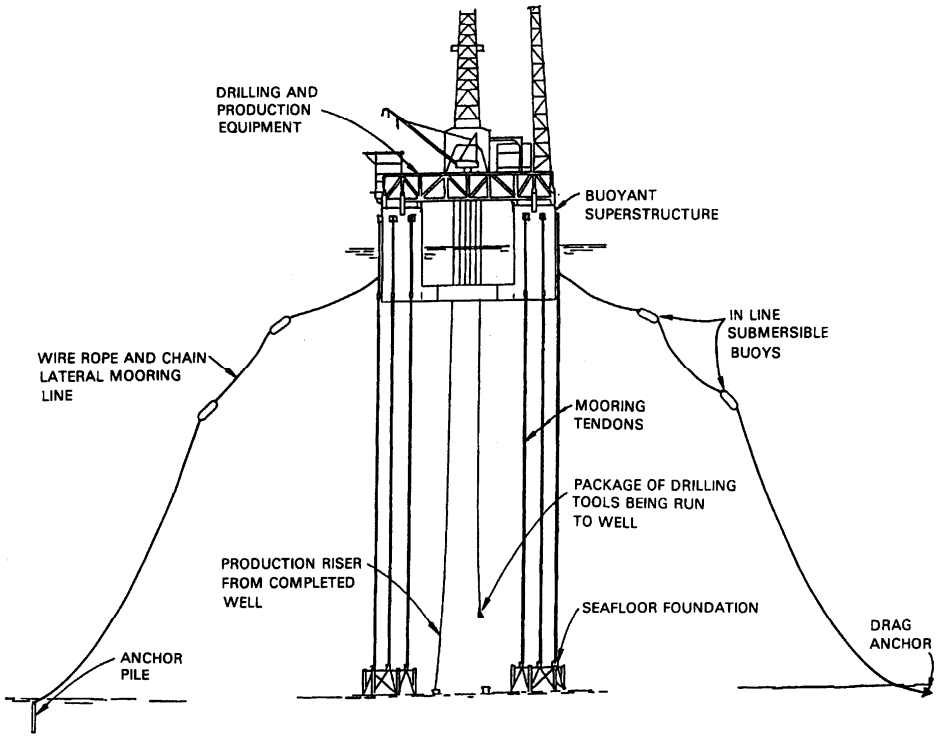


شکل۳-۴: بویه مهار

برای پروژه Mensa ، در عمق ۱۷۰۰ متری ، m ۳۰۰۰ طناب سیمی به قطر mm ۹۶ و m ۱۰۰۰ زنجیر و یک لنگر ۱۸ تنی طراحی شده برای ایجاد ظرفیت بالابری عمودی زیاد قرار داده شده بود .

سیستم های مهار برای آب عمیق ملاحظاتی دارد که فرق قابل توجه ای با آب های کم عمق می کند: این‌ها شامل وزن خطوط مهار،افزایش تاثیر حرکت با تناوب کم شناورها و طناب های دینامیکی می باشد. در ابزار های مهار زنجیره ای معمولاً با یک بویه فنری وزن طناب مهار نگه داشته می شود .(شکل ۳-۵)

از آنجایی که بار های عمودی لنگر ها در معرض یک تعداد نیرو های بزرگ دوره ای در خود لنگر هستند، اتصالات باید برای پدیده خستگی طراحی شوند. پس روش های جوشکاری ویژه ضروری باشد .



شکل ۳-۵ : سیستم مهار اولیه TLP

لنگر ها با ظرفیت عمومی بالا (VLA) در آب های عمیق از یک نوع طناب زنجیر- سیم - زنجیر استفاده می کنند . استفاده از سیم در طول انتهای متصل شده به لنگر مزیت نفوذ راحت در میان بستر را دارد .

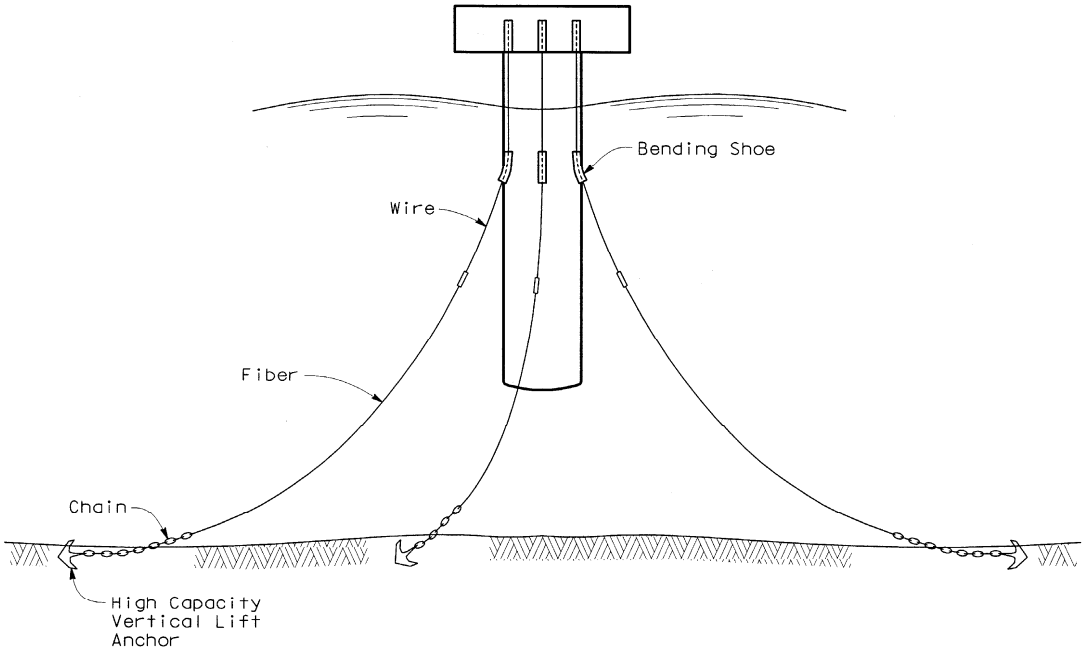
این VLA به وسیله سقوط آنها از یک مسافت محاسبه شده درون زمین جاسازی می شوند . یک کشش عمودی از شناور چنگک های لنگر را باز کرده و آن ر ا نصب می نماید.

طناب های رشته ای مرکب به طور زیادی استفاده می شوند ، زیرا وزنشان سبک است . به طور کلی اکثر رشته های استفاده شده پلی استر Kevlar هستند . آنها در یک سیستم محکم مهار شامل زنجیر یا سیم در قسمت اول به کار می روند ، تا از خراش دادن قر قره ها جلو گیری نمایند . پس از رشته های مرکب ، زنجیر یا سیم قرار می گیرد . در هنگام نصب نیز باید برای جلوگیری از صدمه دیدن از خمش بیش از حد ، پیچ خوردگی ، فرسودگی و سایش ، گرمای ناشی از قرار گیری با سرعت بالا ، به زمین نشاندن در بستر دریا و بار های دوره ای بیش از حد دقت کافی اتخاذ شود .

هر چند که این خطوط با گازگرفتگی موجودات دریایی مشکل حادی به وجود نمی آید ، اما برای جلوگیری از این کار و اعمال پیشگیرانه از نوعی پوشش پلی اورتان صاف روی طناب رشته ای به کار رفت .

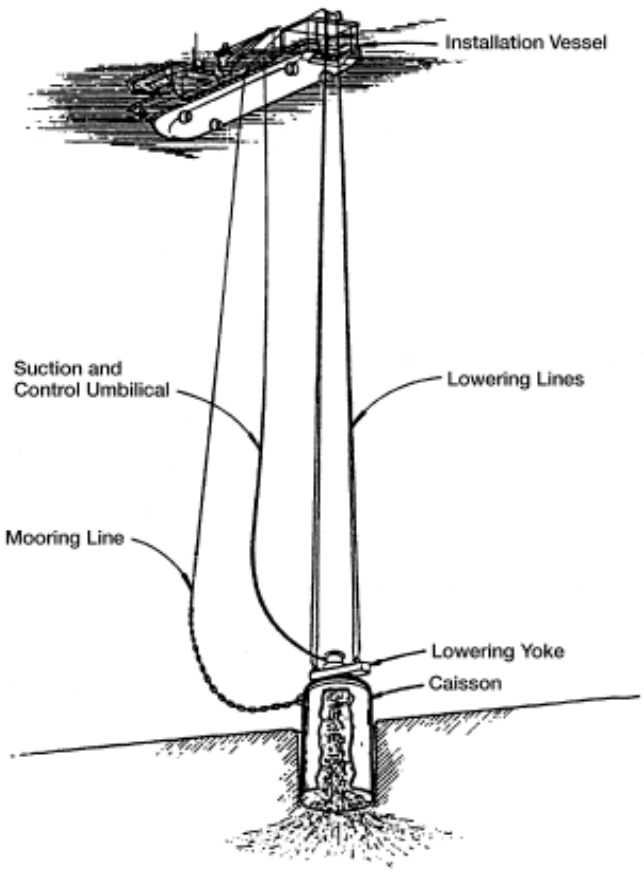
برای دکل" پنتن و جنسیس" ، یک سیستم مهار محکم که از ۱۴ طناب که به انتهای آنها ، بین طناب و لنگر زنجیر بکار رفته بود، استفاده شد. برای جنسیس زنجیر ۵ in (۱۳۳ mm) با ظرفیت کششی ۴/۸ MN استفاده شده بود . (شکل ۳-۶)

زنجیرهای ستونی مکشی در لای و شن استفاده می شود(شکل ۳-۷). بر خلاف شمعکوبی، این شمع‌های مکشی قطر زیادی داشته (۴ تا ۲۰ متر) و کوتاه هستند (۱۵ تا ۲۰ متر) همچنین آنها یک کلاهک دائمی یا موقتی در انتهای بالای خودشان دارند . آنها پایین برده می شوند تا در موقعیت نهایی خودشان در بستر دریا قرار گیرند و سپس به نفوذ در میان سطح کف تحت وزن خودشان اجازه می دهند . آب بندی کردن موثر در نفوذ ۱ تا ۲ متر ضروری است .



شکل ۳-۶: سیستم مهار محکم برای تیردکل در آب عمیق

سپس یک خط مکش متصل می شود. آن ممکن است به وسیله یک ROV یا یک فرماندهی در سطح عمل کند . آب را در بیرون از انتهای بالایی مکش می کند ، سپس به فشار هیدروستاتیک برای کوبیدن شمع برای نفوذ کامل مجهز می گردد . در شن ها ، مکش سبب شرایط سریع موقعیتی شده و به نفوذ راحت تر کمک می کند . در شن متراکم ، یک سیستم پاشش آب برای روان سازی کناره ها به کار می رود . در یک مورد نمونه نصب در محیط پیرامون ستون ۲۲۰ حفره به قطر m ۳ ایجاد شده بود . مکش لنگر های ستونی که در جای اشتباه قرار دارند یا نمی توانند نفوذ کنند ، می توانند به وسیله معکوس کردن پروسه و پمپ آب از بالای شمع بازیابی شوند .



شکل ۳-۷ : لنگر مکشی

آزمایشگاه تحقیقاتی مهندسی عمران نیروی دریایی آمریکا در کالیفرنیا ، لنگر های را که با سقوط آزاد در نزدیک بستر دریا قرار می گرد پیشرفت داده و سپس آن را به وسیله مواد قابل انفجار در بستر کف کوبید. برای شمع های حفاری از یک کشتی حفاری استفاده می شود . زنجیر لنگر به وسط ستون متصل می شود تا مقاومت جانبی امکان پذیر بیشتری را ارائه دهد ولو اینکه کشش تقریباً عمودی است .

۳-۱-۷ عملیات ساخت روی بستر عمیق

سازه های فرو برده شده در آب ، می توانند با پیشرانه دینامیکی تعیین موقعیت شده و توسط تجهیزات سطحی فرستنده های صوتی کامپیوتری در محل محکم نگه داشته می شوند . متناوباً ، آنها می توانند از فرستنده های صوتی پیش نصب شده در بستر دریا برای نگهداری در موقعیت استفاده کنند .

سازه های شناور غوطه ور می توانند تراز سطح بستر را بوسیله استفاده از محدوده وزنی تعیین نمایند، اگر آنها بالا بیایند ، آن وزنه را بر می دارند (برای مثال زنجیر) و به ارتفاع قبلی خودش باز می گردانند .

به دلیل پایین رفتن طناب یا غلاف روکش باید واکنش دینامیکی پایین رفتن مانند واکنش در برابر امواج و همچنین اثرات درونی به دلیل افزایش وزن آب اضافه شده در نظر گرفته شود . در غلبه کردن به اینها ، جبران کننده سنگین غول پیکر ، برای سکو Glomar تعبیه شده بود و برای جلوگیری از اثرات غلتش، چرخش و خیز برداشتن آن استفاده شد .

صف آرایی سقوط آزاد در سازه های بستر دریا ، همچنین لنگر ها ممکن است به وسیله بویه های چندگانه قرار داده شده کنترل شود . سپس سازه می تواند به طور متعادل در مراحل مختلف به سمت پایین حرکت نماید . مهندسان فرانسوی بویه های bteathen را رشد دادن که حجم آنها کاهش یافته و هم چنین شناوری آنها هم کم شد. اینها به طور موقتی در جایگذاری یک قطعه آزمایشی خط لوله در عمق ۲۵۰۰ متری آب استفاده شد . Harding GBT ، یک مخزن در بستر دریا ، به وسیله استفاده از بویه های چند گانه استفاده شد .آخرین بارج‌های جرثقیل دار فراساحل تولید شده ، به قالب پایین رفته در بستر دریا در عمق نزدیک ۱۰۰۰ متری مجهز شده اند . برای اینها و عمق های بیشتر ، قاب‌های بستر دریا به وسیله بارج جرثقیل دار زیر سازه یک شناور حفاری آب های عمیق ، فرو برده شده، سپس به زیر شناورهای مهار انداخته می شود .

سپس آن به وسیله رشته حفاری به پایین بستر دریا برده می شود . از آنجایی که ظرفیت رشته حفاری معمولاً به حدود ۵۰۰ تن محدود است ، نیروی شناوری کمکی در قالب بستر دریا ایجاد شده است . وقتی در بستر دریای عمیق به زمین نشست ، یک مشکل بالقوه به علت نفوذ بیش از حد در لجن بستر دریا به وجود می آید. این لایه با مواد خیلی نرم ، که ممکن است با ترکیبات کلوئیدی وجود داشته باشد ، در زیر سازه قادر است به استحکام نفوذ اولیه کمک نماید . پایه ها ممکن است در مراحلی کاهش قطر داشته باشد ، تا نفوذ کلی را محدود نماید .

کدری گل و لای به علت نشستن در لجن نرم باید مطرح شده در نتیجه از استفاده TV برای کنترل تثبیت موقعیت ممانعت به عمل می آورد . در مراحل اول ممکن است روکش کردن لجن ها اجرا شود . آزمایشگاه مهندسی عمران نیروی دریایی آمریکا در کالیفرنیا در حالت تداوم پیشرفت این چنین وسایل متوقف کننده کدری آب به سبب تعلیق کلوئیدی لجن های کف دریا می باشد .

برای قرار دادن بتن از ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متر دست کم دو روش گسترش یافته است :

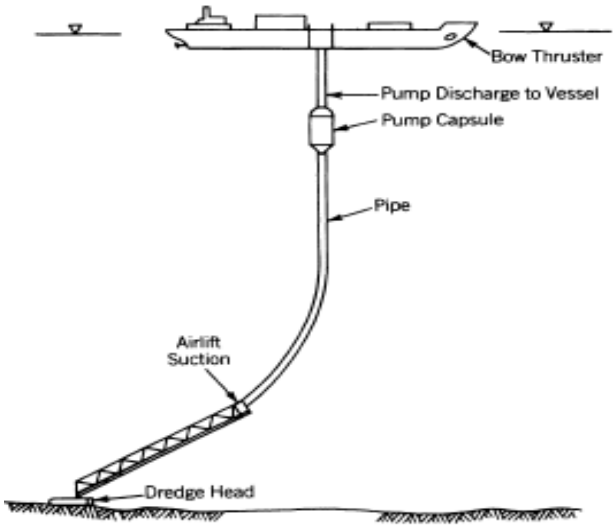
در روش اول ، انتقال بتن در یک لوله بلند برای تخلیه شدن در کف دریا است . در روش دیگر ، بتن در زیر یک خط لوله پمپ می شود . در ترکیبات روی شن ها شامل ترکیبات ضد شسته شدن با آب استفاده شده و قطر خطوط لوله کاهش می یابد تا اصطکاک ، سرعت را در حدود $۳ \, m/s$ را محدود کرده و سپس از تفکیک ذرات بتن جلوگیری نماید . تراکم باید اشباع شود تا از تغییر خواص ترکیبی به علت جذب آب با تراکم زیر فشار جلو گیری به عمل آید .

ترکیبات پیشرفته جدید مثل مواد ضد شستشو و فوم سیلیکا که از تفکیک ذرات بتن جلوگیری می کند، ممکن است با استفاده از یک بیل مکانیکی یا وسایل دیگر در زیر آب قرار گیرد .

سیمان روان (دوغاب) ، در صنایع حفاری نفتی که از سیمان پوششی استفاده می کنند، در عمق بـالا ، به وسیله پمپاژ قرار داده می شوند . بتن در میان لوله ها tremie در عمق ۱۰۰۰ متر یا بیشـتر در مرکـز محـور قرار داده می شوند .

وقتی بتن یا دوغاب سیمان در حجم زیاد استفاده شود ، حرارت هیدراسیون باید لحاظ شود و ترکیبات ویژه سیمان تفاله کوره بلند (سر باره) یا سیمان افزوده به پوزولان باید به کار رود تا حرارت را کـاهش داده و از منتج شدن به شکست سیمان یا دوغاب جلوگیری شود . مخصوصاً دوغاب به علت اینکه معمولاً بیشترین حجم سیمان را تشکیل می دهد خیلی حساس می باشد .

عملیات لایروبی و تسطیح اقیانوس عمیق ، از روی مطالعه معادن منگنز شروع شده و به بستر عمق دریا رسید و عملیات تست آن در عمق بیش از ۴۰۰۰ متر انجام شـد . اسـتفاده از ایرلیفـت هـا روشـی مـوثر و کـار آمدی را ایجاد نموده است . به دلیل گسترش حجمی زیاد هوای نزدیک سـطح ، ایرلیفـت بـرای بلنـد کـردن مصالح فقط تا آنجا که کپسول پمپ زیر آب فرو می رود به کار برده می شود . از این رو پمپ های متـداول برای رسیدن به فاصله اضافی وسایل روی سطح به کار برده می شوند . (شکل ۳-۸)



شکل ۳-۸: سیستم لایروبی در آب عمیق

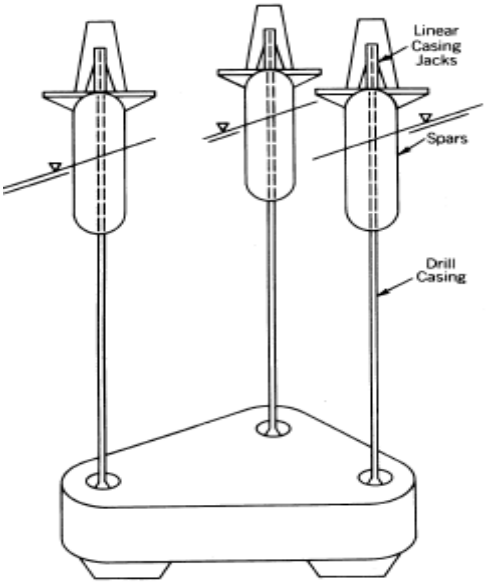
بستر کف دریا می تواند به وسیله لایروبی مکنده جمع شده ، پس از اینکه سازه در محل قرار داده شد یا حتی قبل از نصب به وسیله لایروبی از زیر یک غشاء غیر قابل نفوذ انجام شود . از آنجا که قرار دادن غشاء به وسیله خودش در بستر دریای عمیق امکان پذیر نیست ، غشاء می تواند با فشار برابر در طی فرود ، به بستر سازه نصب شود .

برای قرار دادن سازه ها با انتهای وزنی در آب عمیق که می دانیم بستر نا منظم است – برای مثال صخره بیرون زده – یک راه حل حذف صخره با ایجاد خاک ریز زیر آب در جایی که سازه می نشیند می باشد . برای این کار ممکن است از قرار دادن یک لوله انتقال مصالح انعطاف پذیر که قابل کنترل می باشد استفاده شود . پس از پوشاندن فشرده سازی می تواند توسط یک متراکم کننده دینامیکی صورت گیرد (یعنی با سقوط مکرر یک کوبه) . تسطیح در عمق خیلی سخت بوده، برترین راه حل برای بکار گیری سازه با بستر وزنی، با یک دامنه بلند و یکنواخت نمودن تکه گاه توسط تزریق بتن در زیر آن پس از نشاندن می باشد .استفاده از یک ناودانی انعطاف پذیر (قابل انعطاف) معلق از یک کشتی کنترل شده و جلوگیری از تفکیک ذرات بتن را ارائه می کند . این ممکن است به طور عملی با گسترش در ناحیه عمق قرار گرفته و از این رو یک کنترل بالایی را ارائه دهد .

برای ممانعت از هدر رفتن دوغاب در میان انباشت صخره ها ، یک درصد صخره باید با سایز کوچک پر شود . صخره درجه بندی کوچک تر می تواند در بالا قرار گرفته و در شکاف بین صخره های بزرگتر قرار گیرد . دوغاب برای پر کردن سطح زیرین باید یک مخلوط تیکسوتروپیک داشته باشد تا گرایشات روان شدن در افت فشار را کاهش دهد . هر یک از دو روش بالا به طور موفقیت آمیزی در آب کم عمق زیر کیسون ها برای ترمینال فرا ساحل در کوئینزیلند استفاده شد . این روش ها در یک تحقیق برای پایه های عمیق (۳۰۰ تا ۵۰۰ متر) برای پل عبوری از strait of Gibralten با هم ترکیب شدند .

به عنوان مثال :چه طور ممکن است سازه ها در عمق بیشتر قرار داده شوند ؟

یک بلوک مهار وزنی بزرگ یا مخازن نفت زیر آب در عمق ۶۰۰۰ متر قرار می گیرد. (شکل ۳-۹) .



شکل ۳-۹ :پایین بردن یک حجم سنگین در عمق بالا

سازه با یک طرح ساندویچ پنل بتن – فولاد، یک غشاء غیر قابل نفوذ در دو سطح داشته و از این رو مشکلات جذب سیالات زیر فشار توسط غشاء به وجود نمی‌آید . سازه باید طوری شکل بگیرد تا بتواند به طورکامل با یک سیال کم‌تراکم مانند هکتان و هپتان پر شود و به طور ساکن با خط آبخور مینیمم باقی بماند. در آب کم عمق سازه توسط مخازن بالاست مغروق می شود تا در بستر دریا نصب گردد . یک شناور حفاری قابل غوطه‌ور روی سازه شناور شده و روکش متحرک را به تجهیزات حفاری متصل می نماید . اکنون سازه آمادگی غوطه وری و ساخت سریع برای یدک کشی شدن به مکان آب عمیق را دارد .

موقع رسیدن، مخازن بالاست خارجی با سیلان خیلی متراکم (گل حفاری سولفات باریم وزنی) پر هستند تا سازه دارای شناوری منفی باشد .

اکثر تنش‌های متعدد و محدوده‌ی تنش ها، وقتی سازه در حال عبور از آب‌های کم عمق است رخ می‌دهد. این تنش ها معمولاً با فرو رفتن سازه در سطوح عمیق تر کاهش می یابد و وقتی به یک سطح عمق معین رسید ، فشار سیال زیاد می شود و حجم آن در سیال به سبب افزایش فشار هیدرو استاتیک کاهش یافته و وزن پوشش حفاری کم می گردد . سازه ها خودشان حجمشان را کاهش داده و سپس سیال باتراکم پایین فشرده می شود ، برخی از گل های حفاری با تراکم بالا در پوشش حفاری تخلیه می شوند تا آن را در محدوده مجاز نگه دارند . به محض فرود ، گل حفاری تراکم بالا افزوده شده، آب دریا استفاده می شود تا سیالات کم تراکم را جابه‌جا کرده تا پایداری روی کف مناسب را ارائه دهند . اگر آن یک سازه وزنی مثل یک تکه گاه وزنی برای TLP برای اینکه وزن ضروری است ، سیال حفاری تراکم بالا یا دوغاب سنگ آهن باید برای پر کردن قسمت های داخلی استفاده شود .

نوع دیگر سیستم های فرو بری با موقعیت در آب عمیق به کار برده شدند . دو روش قاب حفاری شده در کف دریا و حمل شده به سطوح زیرین برای معادن دریایی توسط پروسه ساده ای با خطوط طناب یدک‌کشی سیمی ، قاب یا شاسی با شناوری منفی کم بالاست شده و بوسیله تجهیزات یک بارج جرثقیل دار یا شناورهای مشابه در زیر سازه مورد نظر قرار داده می شوند .

تغییرات دینامیکی در هنگام پایین رفتن به وسیله خطوط طناب سیمی جذب می شوند . افزایش طول آنها و همچنین کشش آنها در قطعات چند گانه ای ساخته می شود . خطوط رشته ای شناور ، مانند نایلون ، ضریب کشسانی را افزایش داده و همچنین توانایی جذب بارهای دینامیکی را افزایش می دهد . در هر مورد یک آنالیز دینامیکی کامل مورد نیاز است تا سیستم جفت کردن به دست آمده در برابر واکنش تشدید هماهنگ تمام مراحل پایین روی را ایجاد نماید .

سیستم های نصب و ساخت و سیستم های تولیدی شناور و امتداد سکو های پایدار با پیشرفت نفت و گاز در آب های عمیق پدیدار شدند . روش برای مهار سیستم شناوری مانند SPARS یا شناور های تک منظوره ، در خطوط و روش های مختلفی گسترش یافته اند : استفاده از ابزار مهار منتشر شده‌ی پیش نصب در جاهایی که وزن شناوری اندک توسط شناور جبران می شود ، یا استفاده از بلوک های شکل گرفته‌ی ترکیبی .

۳-۱-۸ لوله گذاری آب های عمیق

خطوط لوله آب عمیق و خطوط جریان به طور موفقیت آمیزی در آب های عمیق با عمق بیش از ۱۷۰۰m (پروژه منسا) کار گذاشته شد . حتی عمق های بیشتر هم قابل برنامه ریزی هستند . در زیر ۱۰۰ متر که خط لوله باید تنظیم فشار درونی اش را با طرف هیدرواستاتیک بیرونی اش متعادل کند ، خطوط لوله بزرگ ممکن است به علت خطای خروج از مرکزیت در ساخت و بیضی شکل شدن به سبب وزن خودش که هر دو می تواند در زیر فشار خارجی باعث کمانش شود ، در عمق به تنظیم فشار درونی نیاز داشته باشند . در آب عمیق گسترش کمانش یک نگرانی خیلی بزرگ است . کمانش در این مرحله در شکل گیری دیوار های ضخیم لوله ، در خط لوله در فاصله های معینی ایجاد می شود .

تعدادی روش برای نصب در آب عمیق استفاده می گردد . تعدادی از اینها روش بارج S – Lay ، روش کشیدن از کف و روش بارج قرقره ای روش های متداول که به طور گسترده در آب کم عمق استفاده می شوند را بهبود بخشیده اند . با روش بارج S – Lay لوله تقریباً به شکل عمودی پایین برده می شود ، از این جهت به لوله اجازه خواهد داد تا با زاویه ۹۰ درجه گسترش یابد . به طور نمونه ، پایه های نسبتاً کوتاه عمودی استفاده می شود. با این روش یک لوله ۱۲ in (۳۰۰ mm) در عمق ۱۶۰۰ m کار گذاشته می شود.

روش بارج قرقره ای (reel barge) شبیه کار گذاری خطوط جریان در آب ها عمیق و خطوط لوله با قطر کوچک به کار برده می شود . با قرا دادن ۲ یا ۴ قرقره روی بارج ، که هر کدام دیگری را تغذیه نماید، یک خط بلند محکم ممکن است در یک عملیات انفرادی کارگذاری شود. یک بارج قرقره‌دار یک لوله ۲۵۰ mm در عمق ۱۶۰۰m آب قرار می دهد . از آنجایی که خط لوله تقریباً عمود در زیر بارج آویزان می شود ، قدرت کشش مورد نیاز برای تمامی بارج ها کار گذاری تقریباً کم بوده، در موارد کمی هم وزن شناوری لوله از بستر دریا تا سطح تماس آب هم کافی است.

روش بارج J – Lay با روش بارج S – Lay در اینکه قطعات لوله بر رو یک سطح شیب دار با زاویه ۶۰ تا ۹۰ درجه افقی قرارد ارد، ساخته می شود ، اختلاف دارد ، از این رو در این روش از کمانش بیش از حد لوله جلوگیری می شود . در این روش ستون های عمودی به کار نمی رود . قدرت کشش مورد نیاز کم می باشد . یک کشنده روی سطح شیبدار نصب شده است . اتصالات در یک محل معین ساخته شده، کامل شده، بالای عرشه قرار گرفته است. برای این کار از وسایل سریع پیشرفته جوشکاری استفاده شده است. بیشتر کارگذاری‌ها سرعتی و موثر به وسیله پیش مونتاژکردن ۳ یا ۴ لوله بر روی هم بدست آمده است.

روش J – Lay خیلی مخصوص و روش خیلی پیشرفته ای برای جایگذاری خطوط لوله بلند در آب عمیق و دریاهای طوفانی می باشد. از آنجایی که قدرت کشش خطوط افقی خیلی زیاد نمی باشد ، پیشرانه‌های دینامیکی می توانند در این موقعیت استفاده شده و بارج را حرکت دهند و نیاز به جابجایی دائمی لنگر مهار برای بارج های S – Lay نسل سوم را از بین ببرد . سیستم J – Lay برای استفاده در پروژه Ursa در ۱۳۰۰ m آب طراحی شده و طرح های امروزه برای لوله J – Lay از قطر ۴ in (۱۰۰m) تا ۱۴ in (۳۵۰mm) در عمق ۱۶۰۰ m آب دردسترس میباشد. سیستم مقایسه ای اجازه نصب سطح شیب دار J – Lay روی بارج های لوله گذاری فرا ساحل بدون تغییر شکل بارج را می دهد .

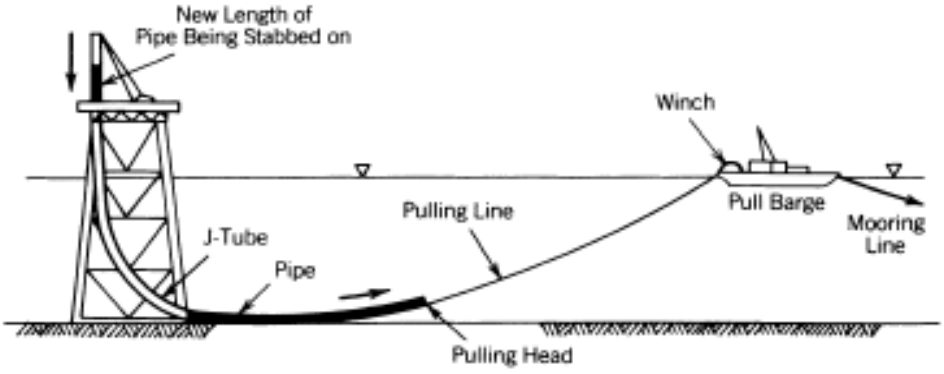
روش کشش از کف (bottom – pull) امکان جایگزینی خطوط لوله آب های عمیق در آب های خیلی عمیق تر را می دهد . این روش به طور موفقیت آمیزی در نصب خط لوله Troika در عمق ۸۰۰ m آب استفاده شده است . یک لوله یک لایه ۱۰ in (۲۵۰ mm) در یک غلاف ۲۴ in (۶۰۰ mm) که فاصله بین آنها با کامپوزیت ترکیبی عایق پر شده ، حمل شده بود . طول ۲۰ کیلومتر خط لوله در امتداد ساحل ماتاگوردا ، مکزیک با قطعات پیوسته ۳ تا ۱۰ کیلو متری ساخته شده بود . سپس غلاف پوششی و خطوط لوله با نیتروژن تنظیم فشار شدند . سپس خطوط لوله ۳۵۰ مایل با سرعت ۵/۵ نات یدک کشی شد . به محض رسیدن شناور ، تدارکات ، مجهز شده به پیشرانه دینامیکی انتهای خط لوله را در رو پوش اتصالی کف دریا قرار داد .

برای سکوی Bullwinkle در عمق ۴۵۰ متری آب ، قطعه زنجیره ای سنگین به طول ۱۳۰۰ متر به انتهای خط لوله متصل شد. پرکردن های بعدی و نافذ برای نگه داشتن فشار درونی برای تمام زمان ها به دقت کنترل می شود .

در لوله گذاری Mensa ، یک سر لوله در عمق ۱۶۰۰m تعمیر شد . این خط توسط یک ROV منفصل شد . ROV در قاب انتهایی قرارگرفته و ابزار ترمیم را در روی لوله نصب نمود و سر انجام به تجهیزات تعمیر لوله نصب شد و تعمیرات را انجام می دهد .

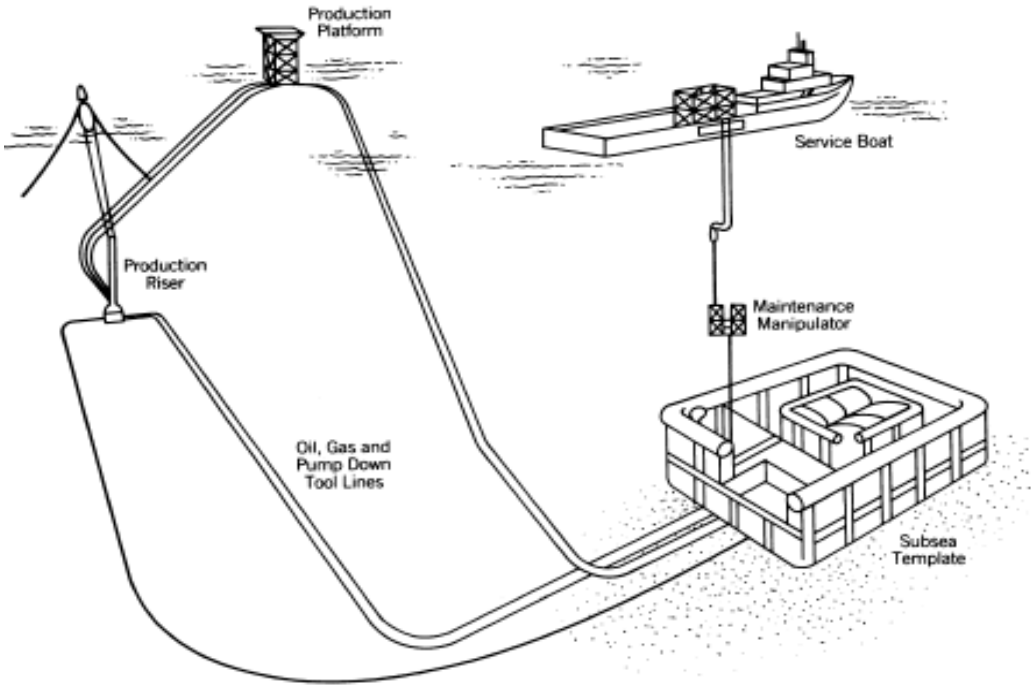
این یدک کشی خطوط لوله بلند روی بستر دریا نیاز دارد که وزن خالص در کف به حد مینیمم کاهش یابد . در اکثر مناطق فرا ساحل ، جریانات کف کم بوده و در آب عمیق ، اثرات موج وجود ندارد .

برای کارگذاشتن خطوط جریان خطوط لوله در آب های عمیق ، Exxon روش J را با ساخت خط لوله بر روی عرشه سکو و کشیدن آن به پایین ، روی بستر دریا توسط یدک کش انجام داده و پیشرفت داد. شکل ۳-۱۰یک روش سیستم ایجادخط لوله در زیر دریا برای آب های عمیق را نشان می دهد.



شکل ۳-۱۰: روش لوله گذاری J

یک خط لوله عبوری از دریای سیاه با عمق بیش از ۲۰۰۰ متر پیشنهاد شد . یک خط لوله فـولادی بـه قطر ۷۸۲ mm با دیواره های ۴۱ mm با فولاد با استحکام بالا مطرح شد . دو روش J – Lay , S – Lay بـه طول قابل اجرا بر پا شد . یک سیستم ترمیم بدون غواص با اتصالات مکانیکی به وسیله یک ROV اجرا شد .



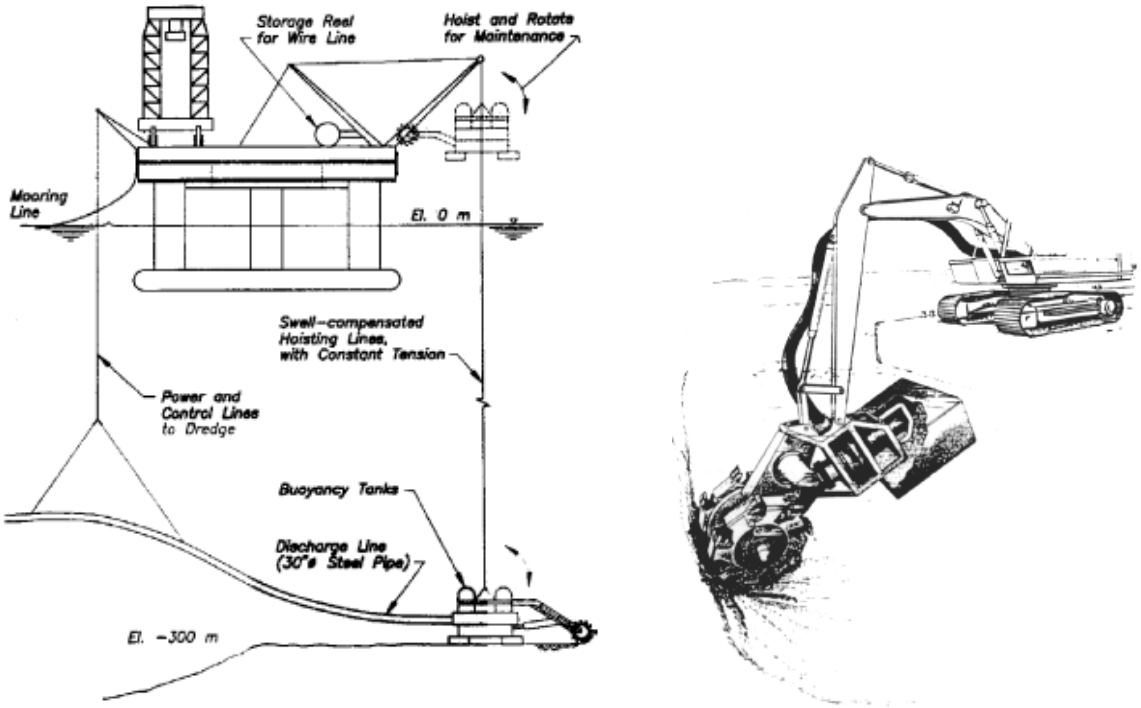
شکل ۳-۱۱: سیستم ساخت زیر دریا

۳-۱-۹ پایه های پل های آب عمیق

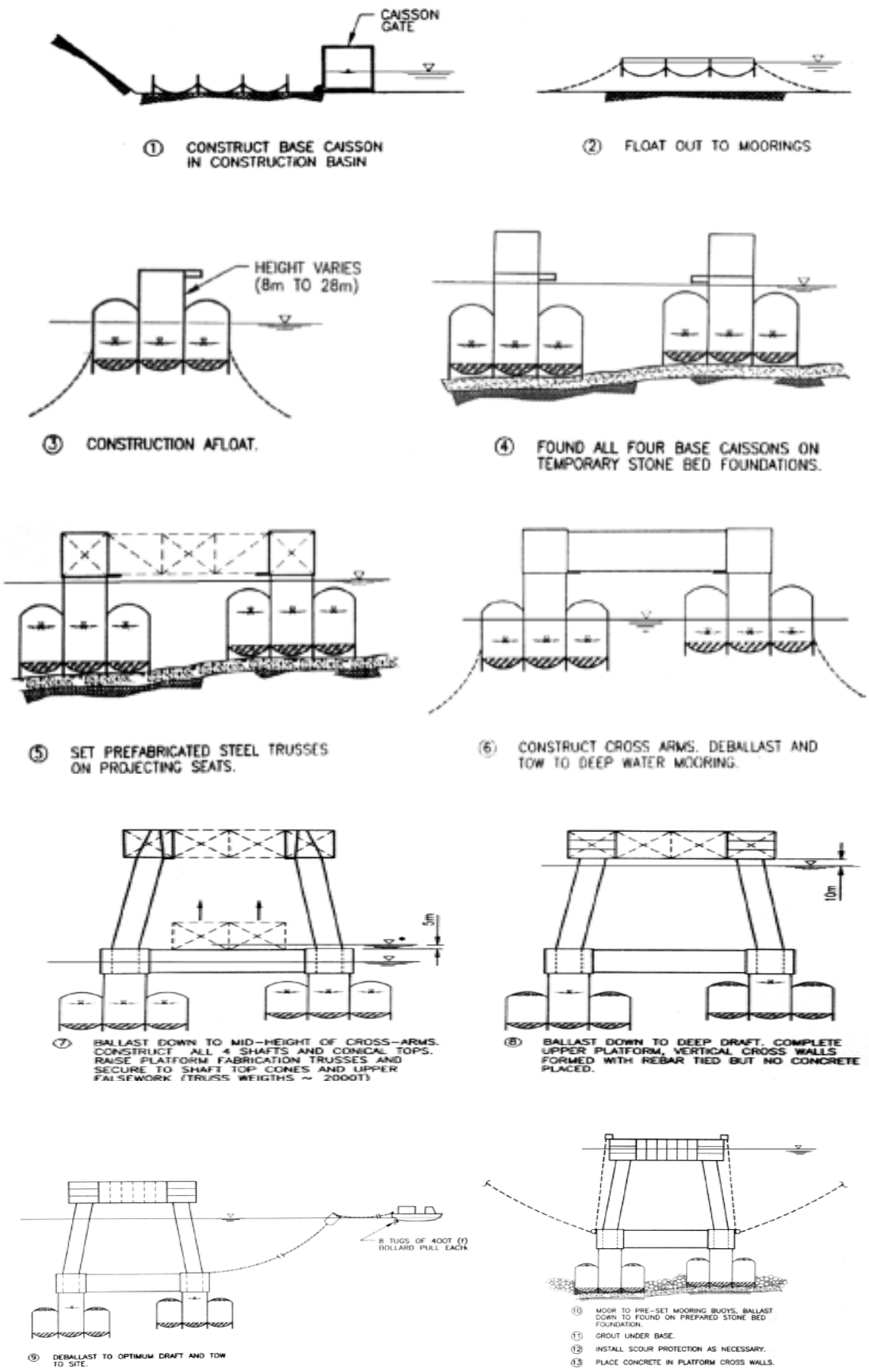
تعدادی از طرح ها از طریق حالات فنی قابل انجام برای پایه های پل در آب های عمیق گسترش یافت. بهترین این طرح ها برای پل عبوری Strait of Gibraltar وجود دارد . مشروط به انتخاب مسیر ، لوله می بایست در عمق ۳۰۵ متر تا ۴۷۰ متری قرار می گرفتند . جریانات قوی امواج سنگین و بستر دریای ناهموار این کار را بسیار چالش بر انگیز کرده بود .

بستر دریا برای قرارگرفتن کیسون هایی با پایه‌ی وزنی باید تسطیح شود. لایروبی و تسطیح در ماسه های سنگ آهکی و سنگ های سیلیت با یک تیغه هیدرولیک بر سر لایروب خیلی بزرگ عملی است.

پایه ها باید در برابر ضربات کشتی ها مقاومت کنند . پایه ها باید در برابر ضربه تشکیل شده از زیر دریایی هسته ای در هر عمقی مقاومت نمایند . بنابراین یک طرح برای یک پل چهار پایه بتنی GBS همراه با طرح زیری روش ساخت آن در شکل ۳-۱۲ و ۳-۱۳ گسترده شده است.



شکل ۳-۱۲: روش برای لایروبی سطح بستر



شکل ۳-۱۳: طرح ساخت پل

۳-۲ سکوهای بتنی فرا ساحلی دریا : بناهای مبنی بر نیروی ثقل(GBS)

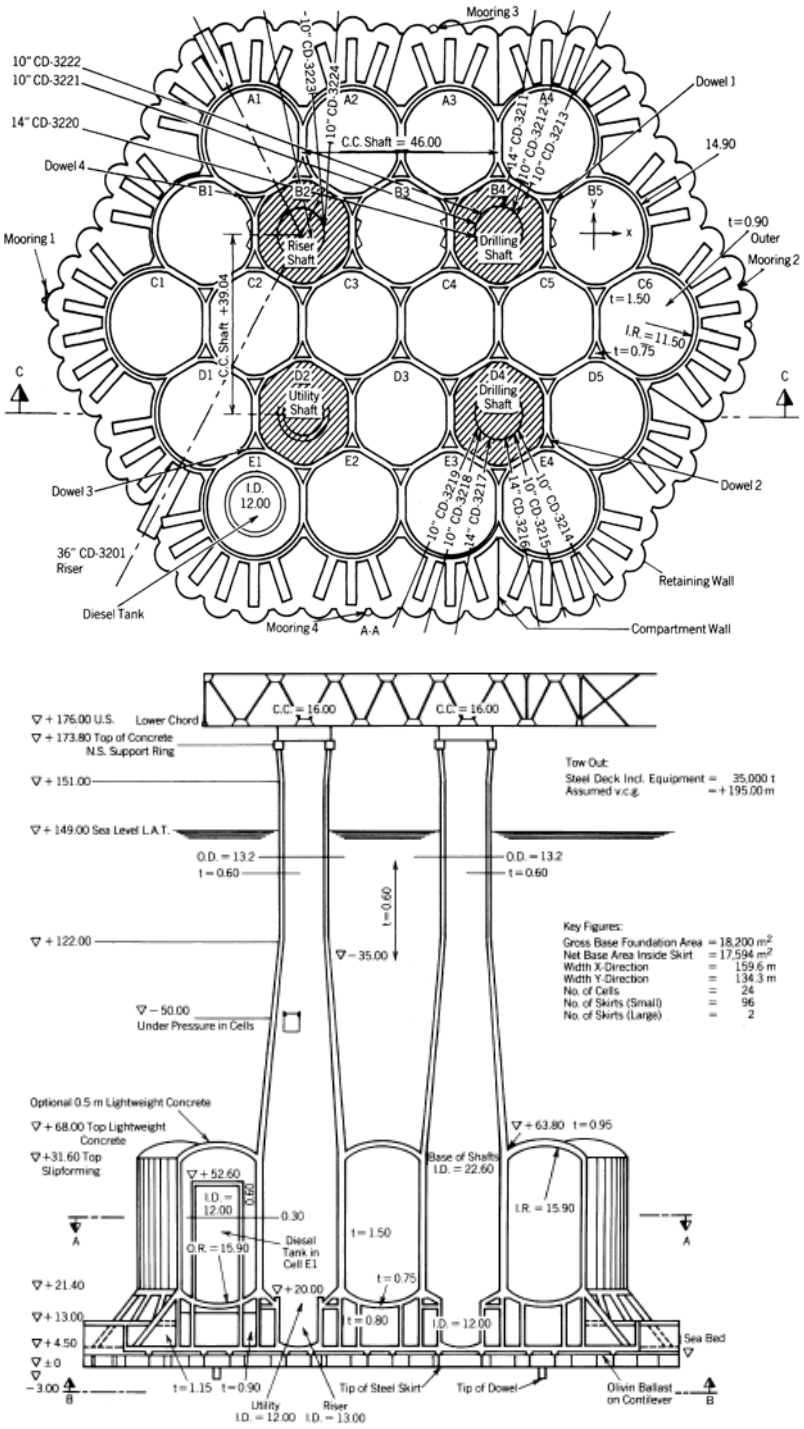
کلیات : سکوهای قسمت ساحلی دریایی مبنی بر نیروی ثقل ، در بستر دریا یا تنها در کف آن طراحی شده اند. این سکوها نیروهای خود را به وسیله‌ی سطح پی، انتقال می دهند. معمولاً چنین سکوهای مبنی بر نیروی ثقلی ساخته شده از بتن مسلح و پیش فشرده می باشند ولی تعداد کمی از آنها با فولاد یا پیوندی از بتن و فولاد ساخته شده اند.

اغلب این سکوها در حالت عمودی خود ساخته شده‌اند که بیشتر یا کل سطح شاهتیرهای مسطح تجهیزات را قادر به مستقر شدن در یک کارگاه ساختمانی ساحلی کرده و با زیربنا به کارگاه ساختمانی تأسیسات انتقال داده می شود. اگرچه معمولاً این ساختارها خود شناور می باشند ، به هنگام ضرورت ممکن است نیروهای بالابر اضافی از طریق مخازن با خاصیت شناوری موقتی و یا مخازن بالابری خاص توسعه یابند.

این ساختار به منظور کمینه کردن نیروهای تحمل کننده ی بار دارای یک بستر بزرگ می باشند. آن ها برای ایجاد خاصیت شناوری دارای حجم های ضمیمه شده ی بزرگی می باشند. بنابراین ، نیروهای ماند بسیار بزرگتری را در زیر امواج و زمین لرزه تولید می کنند که ۵۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ تن از نیروی جانبی همراه با ساختار های ویژه ای که همیشه توسعه می یابند نمونه ای بارز می باشند.

برای انتقال این نیروی جانبی به بستر دریا و بنابراین جلوگیری از لغزش ، دامنه ها و میخ های فولادی به کار برده شده اند که برای نفوذ کرده و طراحی شده اند. چنین دامنه هایی همچنین حفاظت در برای صقیلی شدن و لوله کشی را فراهم می کنند.

هنگامیکه طی ساخت ، دامنه ها به طور نمونه بر بستر سکو ثابت شده اند ، در موارد خاص یعنی جایی که آب سطحی طرح را محدود می کند ، ممکن است دامنه ها یا پایه ها پس از جایگزینی ساختار ها در کف دریا به واسطه ی پوسته ها نصب شوند.



شکل ۳-۱۴: سازه GBS

یک سازه GBS به طور نمونه در شکل ۳-۱۴ نشان داده شده که ساختمان یک سکوی بتنی مبنی بر نیروی ثقل و قسمت های مختلف آن مشخص شده است. برای هر مرحله ، معیارهای مهم متعددی وجود دارند که می بایست معرفی شوند :

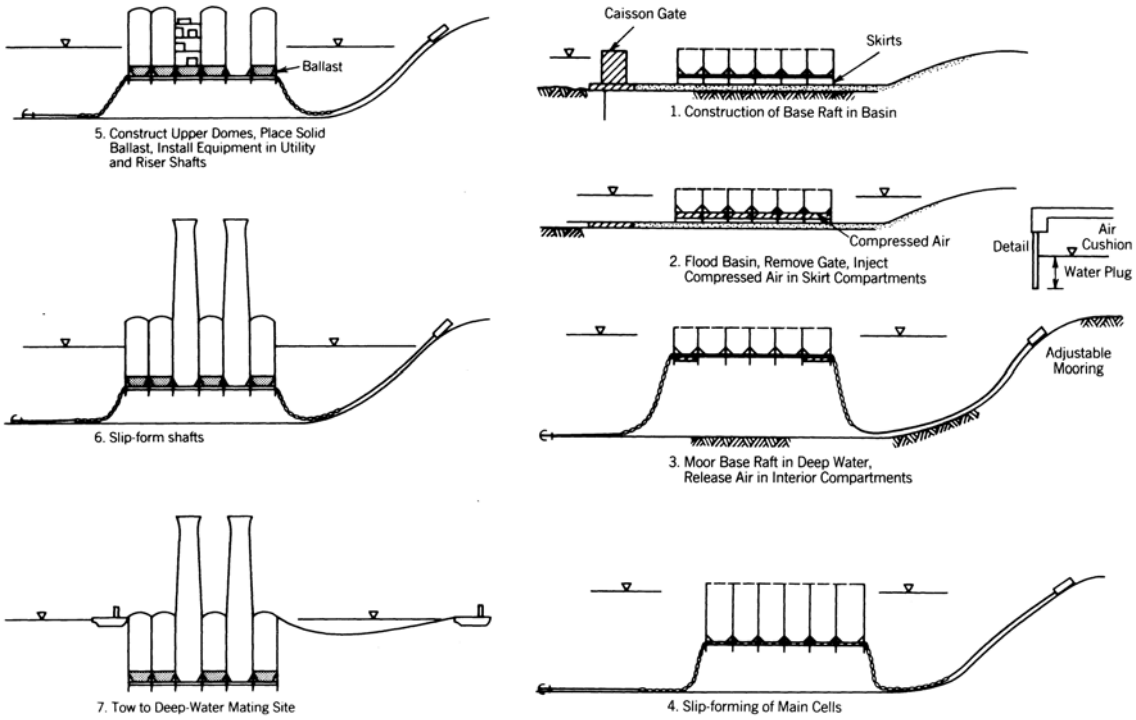
۱- در تمامی مراحل ساخت، ساختار می بایست ضد نفوذ آب و دارای پایداری و سطح آزاد کناری باشد.

۲- موقعیت ها و ترکیب های بارگیری اثر گذار بر ساختار به طور چشمگیری از یک مرحله به مرحله ی دیگر متفاوت می باشند ، در هر مرحله یکپارچگی ساختاری می بایست اطمینان داده شود.

۳- در تمامی مراحل، سیستم های هوای فشرده و مصالح باید به دقت و به طور قطعی کنترل شوند.

برای مواجه شدن با معیارهای بالا ، کنترل وزن ها و ابعاد با مواظبت عظیمی ضروری می شود. این ساختارها بسیار بزرگ و حجیم بوده ، از ۱۰۰ تا ۲۰۰ متر می باشند.

مراحل نشان داده شده در شکل های ۳-۱۵ و ۳-۱۶ ، ۱۵ مرحله از ساخت را نشان می دهد.



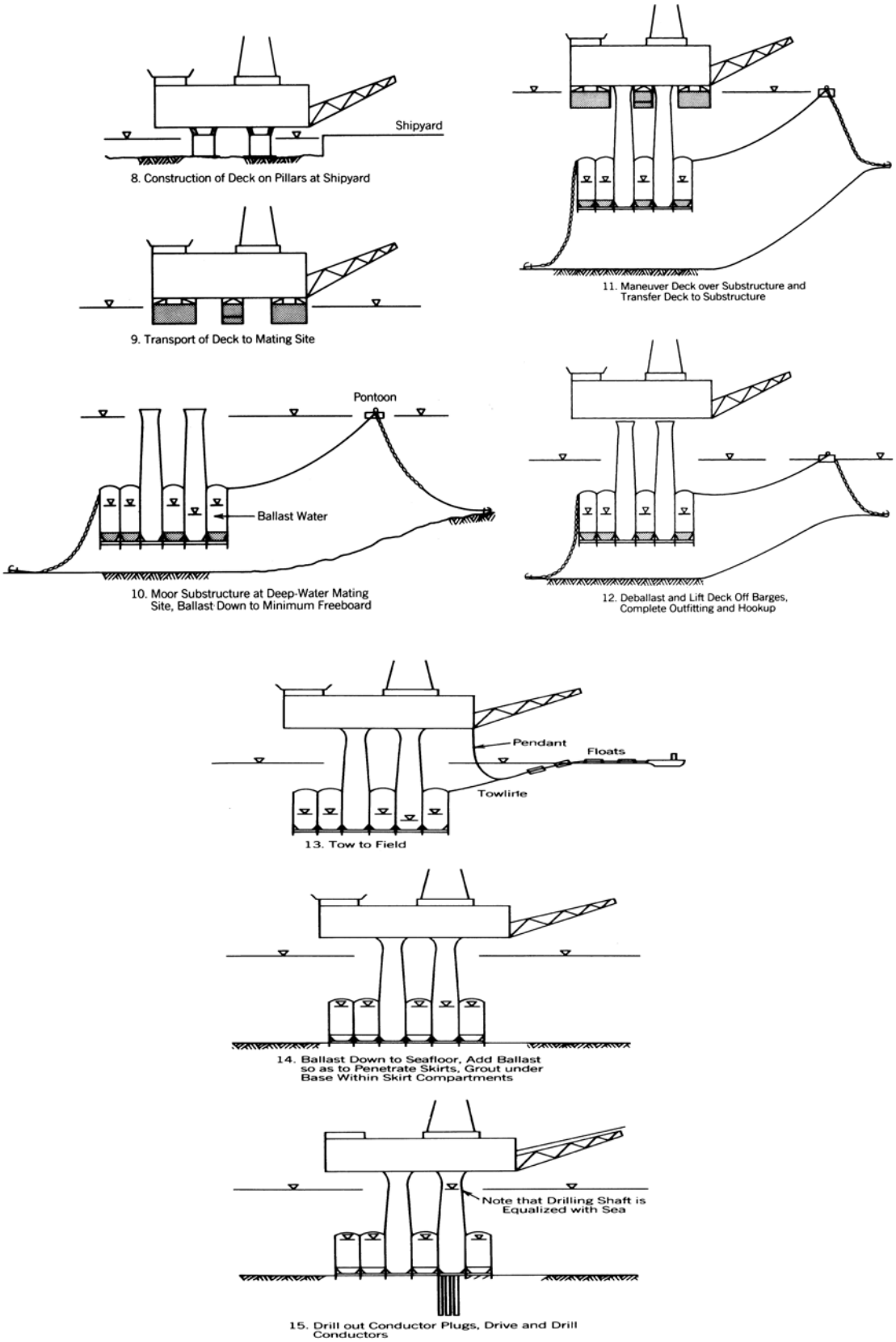
شکل ۳-۱۵: هفت مرحله ساخت

مراحل جایگزین بیشماری در هر مرحله ی اصلی وجود دارند. هریک از چنین مراحلی می بایست به دقت تحلیل شوند تا اینکه مطمئن شویم همه‌ی معیارهای از ابتدا تا انتهای آن مرحله مطابق با شرایط می‌باشند.

بیشتر خطاها در زمان یا به دلیل چشم پوشی کردن از یک مرحله ی واسطه و یا ترکیب کردن دو یا بیش از دو مرحله اتفاق می افتد. پیش طرح های جزئی هرمرحله ی جایگزین ، همراه با ارزیابی ایستایی مربوط به فشارآب هیدرودینامیک و بارگیری های ساختاری می بایست برای فراهم کردن تجسم فکری توسط مهندسان طرح و ساختمان فراهم شوند.

بخش‌های فرعی داخلی ساختار، در معرض فشارهای تفاضلی قرار داده شده اند، که اصولاً به دلیل افت های مصالح شسته شده‌ی آب عمل کننده در هر بخش می باشند. ممکن است در صورت لزوم از هوای فشرده شده برای تنظیم هوای درون یک فضا استفاده شود.

همچنین شرایط تصادفی نیز می بایست مورد تفکر قرار گیرند : فقدان هوای فشرده شده به واسطه‌ی قرارگیری دامنه‌های بستر زیرین در یک جهت، شکست و طغیان آب یک فضا به دلیل برخورد یک قایق ، یک لوله‌ی مصالح شکسته شده ، یا یک نفوذ تخریب شده. هر عنوان مثال در فرو پاشی تدریجی جایی که یک فضا آبگیری می شود ، بارگزاری اضافه ی دیواره ی نزدیک در عوض شکسته شده و بنابراین نمی تواند مجاز دانسته شود.یک توصیه با جزئیات بیشتر از نیازمندی‌ها و ملاحظات ویژه در هر مرحله و طبقه هم اکنون ارائه می شود.



شکل ۳-۱۶: ادامه مراحل ساخت

۳-۲-۱ مراحل ساخت

مرحله ی ۱ – ساخت در حوزه

در مرحله ی ۱ ، حوزه می بایست با بی خطر بودن در مقابل حداکثر ارتفاع طوفان، جذر و مد اضافی، موج بلند و حداکثر آب و جریان بارندگی ایمن باشد.

در یک حوزه ی طرح ریزی شده در کوینزلند استرالیا ، دروازه ی اولیه از شمع های ورقه ی فولادی ساخته شده بود که با یک سکوی ماسه ای تقویت می شد. لوله کشی از میان رخنه ها، سکوی ماسه ای را فرسوده و منجر به شکست دیوار دروازه در زیر جزر و مد با نهایت ارتفاع می شود.طغیان آب و از نو بنا کردن سد ثانویه، پروژه را ۴ ماه به تأخیر انداخت. سدهای ماسه ای مشابه در هلند، علاوه بر شمع‌های ورقه‌ای فولادی با مواد بسیار خوب، محافظت صخره حفاظت شده شیبدار بودند. سدهای استفاده شده در حوزه برای ساخت کاندیپس در استاوانگر نروژ ساخته شده از شمع های ورقه ای فولادی پشتیبانی شده با یک سکوی سنگی محکم می باشند.

در جایی که بستر در خاک های رسی سیلیسی ایجاد شده ، همانند کمپانی تکنولوژی بتن بستر در تاکومای واشنگتن، یک قاب تقویت شده با لوله همراه با سیستمی تماماً با زهکشی زیر زمینی ایجاد شده است. شیب های جانبی می بایست در مقابل فرسایش بیش از حد ناشی از باران شدید و مهمتر از آن در مقابل گسیختگی شیب حفظ شوند. از آبگذرهای افقی ، سکوهای سنگی در پی یا سدها می توان برای جلوگیری کردن از این لغزش ها استفاده کرد..

در جایی که کاربردهای متعدی از حوزه طراحی شده اند ، دروازه هایی به شکل اطاقک ساخته می شوند که طی یک تا دو روز می توانند برطرف شده یا جابجا شوند. چنین دروازه هایی در حوزه ی ساخت "نارسای نیگ بای" و حوزه ی "هوارد – دوریس" در لاچ کیشورن که هر دو در اسکاتلند واقع اند نصب شدند. بررسی دو جزء مورد نیاز است. نخست، فراهم کردن زهکشی از بخش زیرین اتاقک دروازه ، که در این صورت بالا بردنی اتفاق نمی افتد، دوم اتصالات در هر بخش ، در جایی که یک دیوار سطح لوله به طور معمول به خوبی تا بخش پشتی ساحل توسعه یافته است.

بستر قایق باری با ساختار مبنی بر نیروی گرانش اطاقک هم اکنون ساخته شده است. نخستین بخش های نصب شده، دامنه ها هستند که بسته به زمین های پی در بخش نصب از فولاد یا بتن ساخته می شوند. در برخی موارد، مثلاً در حوزه‌ی "ام اسی آلپین" در آردین پوینت اسکاتلند ، دامنه های بتنی پیش ساخته در شیارها نشانده شده اند. آنگاه کناره‌ی بستر را می توان به طور مستقیم بر روی پی حوزه تقویت کرد. دامنه ها در این حالت میبایستی برای کشش جدا در هنگام شناور بودن بستر قایق باری آزاد باشند.

به طور معکوس، در حوزه‌ی پیمانکار نروژی در استاوانگر، جاییکه غلاف‌های فولادی طویل‌تری به کار برده شده اند، این غلاف ها در بستر پی تقویت شده و ساختار بستر در حوزه بر روی قالب داربست بنا شده است. در مورد اخیر، همه‌ی نازل های دوغاب ریزی می بایستی زیر چهارچوب واقع شده و در دسترس برای رسیدگی توسط پرسنل قرار گیرند. این عمل به طور معمول بوسیله ی درهای موقتی در سرتاسر دامنه ها صورت می گیرد. بعداً ، قطعات در را می توان عوض کرده و متصل نمود. برخی از بارج ها با بستر مبنی بر نیروی ثقل دارای تقریباً ۱۰۰ قسمت بوده که همگی کم و بیش همانند هستند و مجموع حدوداً ۲۰۰۰۰ متر از دو ناحیه و ۵۰ متر از محیط را می پوشانند.

به منظور تضمین جریان منظم از مواد و دسترسی کارآمد به پرسنل و تجهیزات، این اطاقک های دامنه میبایستی به وضوح علامتگذاری شوند. در غیر این صورت ممکن است بخش اصلی زمان هر کارگر صرف جستجوی محل صحیح شود. سازه بستر زمینی به طور معمول ۱ تا ۲ متر ضخامت دارند و حرارت بالای هیدراسیون به وجود می آورند که منجر به انبساط گرمایی می شود. اگر خنک سازی جایگزین از چوب بست مجاور ایجاد نشود ، ممکن است ترک خوردگی قابل توجهی اتفاق بیافتد.

برای کمینه کردن این مسئله ، توالی ریزش و زمان مابین ریزش می بایستی به دقت بر مبنای تحلیل های گرمایی تعیین شود. ممکن است از مسائل گرمای برای نظارت کردن بر دمای حقیقی در درون یک سلول استفاده کرد. ساختار داربست در بستر، از بالای حوزه شروع به ساخت شده و مشکلات شکستگی را به حداقل می رساند.

قاب های بستر به طور معمول با وترهای طویل بعداً کشیده می شوند. اگر بواسطه ی اصطکاک مهار شود به همین دلیل وسایل مخصوصی برای کاهش اصکاک فراهم شده اند، مثلاً یک لایه ی ماسه ای سطح بتنی پلی اتیلن . این روشی بود که طی ساخت ساختار بتن CIDS در محل کشتی سازی ، اسکله ی NKK در تسوی ژاپن به کار برده شد. اگر چه به طور معمول غلاف های فولادی طویل در خود انعطاف پذیری کافی را برای تطبیق دادن انبساط و انقباض داشته و حمایت های خاص را غیر ضروری می کنند، در سکوهای از قبل انتخاب شده برای بخش‌های بسیار ضعیف خاک ها، غلاف های بتنی طویل بنا شده اند(شکل ۳-۱۷) . دیوارهای گسترده ی کوتاهتر هم اکنون ایجاد شده اند و حایل های سلولی را شکل می دهند که قادر به توسعه ی برش ضروری هنگام شناور بودن بستر گسترده می باشد.

شکل ۳-۱۷: غلاف بتنی

اگر یک قاب فوقانی بر بستر گسترده به عنوان بخش جدایی ناپذیر پیکربندی طرح وجود داشته باشد، عرشه ی یک ساختار شبیه کشتی را فراهم می کند. سپس هرگونه گشتاورهای hog-sag طی شناور بودن توسط سازه‌ی بالایی و بستر پی تحمل می گردد. متأسفانه ، داشتن یک چنین چهارچوب عالی بر بستر گسترده، استثناء می باشد. به طور معمول تنها گروه دیوارهای سلولی متقاطع وجود دارد. هیچ لبه ی فوقانی یا عرشه ای برای مقاومت گشتاور طی شناور بودن وجود ندارد. سپس بستر گسترده، قایقی بزرگ با عمق آبخور و مقاومت حداقل می باشد. به عنوان مثال ، به دلیل وجود یک دیواره ی خارجی ضخیم تر یا به دلیل وجود بست های بستر که طی شناور شدن و یا لنگر انداختن در آب فرو برده می شوند، گشتاورهای نابرابری به وجود می آیند. به دلیل قرار گیری مرکز نیروی ثقل بشکل نیمدایره‌ی حلقوی در بالا به جای قرارگیری در یک نیمدایره‌ی کامل ، ممکن است یک گشتاور تنش میانی چشمگیری فراهم شود. این وضعیت ممکن است با وزن دامنه ها بدتر شود ، چرا که این ها به طور معمول اطراف محیط خارج تمرکز یافته اند از طریق جرثقیل ها و زنجیرهای لنگراندازی و مؤلفه ی عمودی نیروهای لنگراندازی متمرکز می باشند.

تقلیل گشتاور تنش میانی ممکن است با افزایش آبخور در زیر دامنه های بیرونی و با اضافه کردن مصالح شسته به سلول های مرکزی بدست آید. اگرچه، به طور معمول این یکی با الزامات برای برداشتن گام های ممکن در کاهش عمق طی شناور شدن خارجی تعرض دارد. یک راه حل به مراتب مثبت‌تر که اغلب اتخاذ می شود تقویت کردن بالای دیوارهای سلول و یا اضافه کردن فولاد تقویت شده به گوشه ها یا مانع از گشتاور میانی شدن و کاهش تنش های باقیمانده می باشد.

در ازای ساختار بستر گسترده‌ی نزدیک به تکمیل شدن ، سیستم های مکانیکی به کار گذاشته شده اند که اساساً متشکل از لوله کشی مصالح ضد شستشو با آب دریا ، سیستم دوغاب ریزی زیر بستر ، زهکشی دامنه و خلل و فرج دار کردن آن ، تجهیزاتی مانند اشل های اندازه گیری تغییر شکل نسبی دامنه ها ، حسگرهای صوتی در کف سازه و کامپارتمان های فشار بخش بستر می باشند.

حال یک بازدید با دقت، متشکل از کلیه‌ی کامپارتمان های دامنه برای رفع نشتی و داربست می باشد. اکنون درهای دامنه ها با جوش بسته شده اند. دوغاب برای نگهداری سازه شناور بر پی پمپ می شود.

همراه با ساختار آماده برای شناور شدن خارجی ، کنترل ها و بازرسی متشکل از وزن و جابجایی برای مطمئن شدن از اینکه شناوری را می توان در تحمل های طراحی نیمه نهایی و پاشنه ی پی به انجام رساند، صورت می پذیرد. به خاطر بسپارید که برای نمونه ی نوعی با قطر ۱۲۰ متر شناوری ، تنها یک درجه پاشنه ی پی برای افزایش نیمه نهایی به اندازه ی یک متر اتخاذ می کند.

به منظور کاهش عمق ، فشار هوا را به طور معمول در زیر دامنه ها تنظیم می کنند. به عنوان مثال ، ممکن است هوای فشرده به واسطه ی سیستم دو غاب ریزی زیر بستر به کار برده شود. به منظور جلوگیری از خارج شدن هوا از بخش زیرین رأس دامنه ها ، یک در پوش آب با حدود ۰/۷۵ متر ارتفاع به طور معمول به کار گذاشته شده است.

در رابطه با بستر شناور "آندوک دانلین" ، محدوده‌ی عمق بسیار بحرانی بودند به گونه ای که برطرف کردن بیرون زدگی آب به طور کامل برای دستیابی به یک فاصله ی باز کف نهر ۰/۷۵ متر دیگر مطلوب بود. بنابراین ، قایق های قابل باد کردن لاستیکی بزرگ را در بدنه ی دامنه ها قرار دادند و کاملاً آن ها را با هوای فشرده پر کردند و مانع از هرگونه فضای غیر خواسته از هوای ایجاد شده با اثرات کشش به واسطه ی آب شدند.

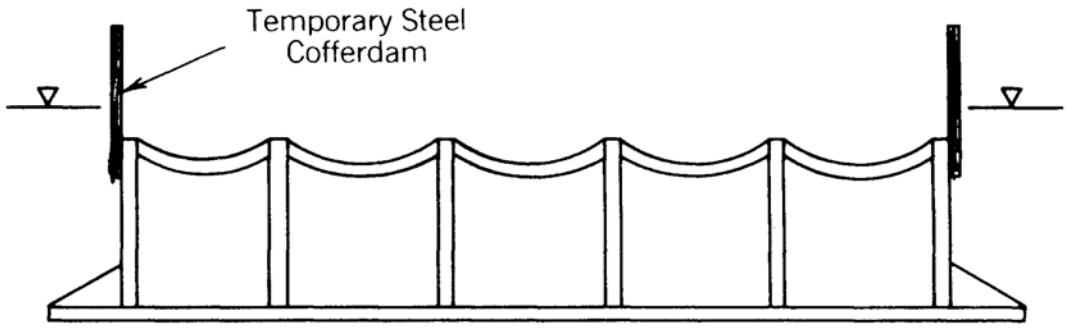
مرحله ی۲- شناوری

هنگامی که آبگیری کامل می شود ، ضربه گیرهای هوا برای هر مجموعه از سلول های دامنه آزمایش می شوند که مطمئن شویم هیچ تراوشی وجود ندارد. مصالح شسته شده بر طرف می شود و بستر تا عمق شناوری اش شناور می شود . همه ی سیستم ها کنترل می شوند. ضمناً کانال خروجی برای مطمئن شدن از کافی بودن عمق، کنترل شده و برای تصمین در مقابل هرگونه سنگ یا دیگر گرفتگی های بازرسی می شود. اگر همه چیز درست باشد ، هم اکنون درها برداشته می شوند. درها متشکل از شمع های ورقه ای و یک راه آب سنگی می باشند، این سطح نیز می بایست برای تضمین انتقال آب در مقابل موانع به دقت پاکسازی شود.

وسایل کمک ناوبری برای راهنمایی خروج و علامتگذاری مسیر در موضع ساختمان عمیق آب بنا نهاده شده اند. اشعه ی لیزر یا فواصل نوری در بازبینی اثر جریان های جانبی مفید می باشند. سنجش مسافت به صورت الکتریکی و سیستم های طراحی وضعیت ، به طور معمول بر روی یک عرشه ی کنترل موقت بر بستر شناور مستقر می باشند که با یک مسافت دریایی یا تئودولیت تکمیل شده اند.

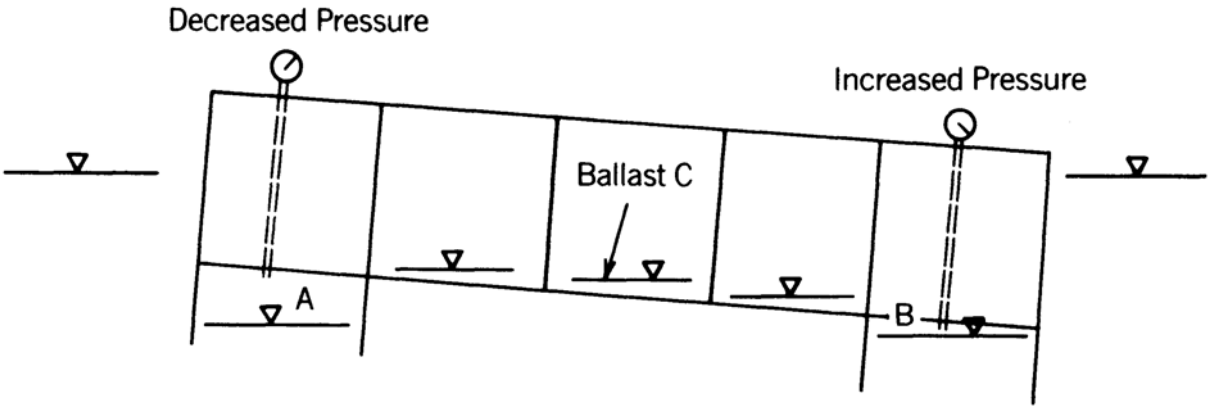
نقاط مهار قایق به ساحل در موقعیت عمیق آب به کار گذاشته شده و با بویه های لنگر محکم نگه داشته می شوند. کلیه ی عبور و مرور قایق ها در این ناحیه متوقف می شود. گزارشات آب و هوا مجدداً کنترل می شوند، به ویژه در خصوص باد این عمل صورت می گیرد. پیش بینی های جذر و مدی مربوط به محل خروج ویژه بررسی می شوند. شناور بودن در حوزه می بایستی به دقت کنترل شده ، همانطور که قبلاً اشاره شد بارج ها بسیار بی ثبات و ضعیف‌اند ، بنابراین نسبت به حوادث و نیروهای ناگهانی حساس می باشد. جرثقیل های کوچک نصب شده بر دیوارها و کناره ها حوزه ، جنبش های جانبی را کنترل می کنند. این در حالی است که یدک کش های با قابلیت حرکت بالا ، سازه‌ی شناور را در کانال یدک می کشند. ارتفاع پهلوی سطح آزاد سالم یک میزان حداقل از یک متر بالای تاج سد موج محلی همراه با مزایای دور خیز داشتن می باشد. از آنجا که سیم های مهار می توانند در یک قرقره متراکم شده یا طور دیگر انتقال داده شوند، وسایل وابسته برای بریدن سیم ها در هنگام ضرورت موجود می باشند. اکنون سازه‌ی شناور به بخش عمیق آب یدک کشیده می شود. هدف یک بارج جرثقیل دار ،ایجاد امنیت در زنجیرهای مهار از بویه های مهار تا سازه‌ی شناور می باشد.

هنوز در دامنه ها فضای خالی هوا وجود دارد. انتشار این هوا می بایست یک فرایند محاسبه شده ی دقیق را در ایمن بودن در مقابل فشارهای بسیار بالای وارد بر سازه در رابطه با انعطاف پذیری دنبال کند. به طور معمول ، در ابتدا هوای محبوس را می توان در زیر بخش مرکزی منتشر ساخت ، در حالی که این فضا در زیر سلول‌های محیطی تا زمان دستیابی به پهلوی سطح آزاد اضافی از طریق گسترش دیوارهای جنبی محافظت شده است. متناوباً می توان یک دیوار حائل کوچک را بر روی دیوارهای خارجی ساخت.(شکل ۳-۱۸)



شکل ۳-۱۸: دیوار حائل فولادی موقتی

کنترل فشار هوا در زیر سلول‌های قالب بسیار دشوار است. اگر اشل های اندازه گیری فشار در شیارهای مختلف بستر به کار برده شوند ، ممکن است تفاسیر بطور ذاتی منجر به واکنش نادرست شوند. هنگامی که سازه شناور بود ، اشل های اندازه گیری فشار، تنها تجهیزات به کار برده شده بودند.



شکل ۳-۱۹: تاثیر نوک سکو روی فشار در کامپارتمان قالب

همچنانکه قایق اندکی کج می شود، فشار در بخش پایین (B) افزایش یافته و بنابراین در بخش بالا (A) کاهش می یابد. بنابراین، واکنش طبیعی کمپرس کردن هوا از بخش پایین (B) و اضافه کردن هوا به بخش بالا (A)می باشد. این عمل ادامه می یابد تا فشارهای بالاتر را بر بخش پایینی و فشارهای کمتر را بر بخش بالایی انتقال دهد. بنابراین، عملاً عملکرد اصلاحی، به آرامی جک زدن سکو به هر گونه پاشنه ی سد بزرگتر می باشد. (شکل۳-۱۹)

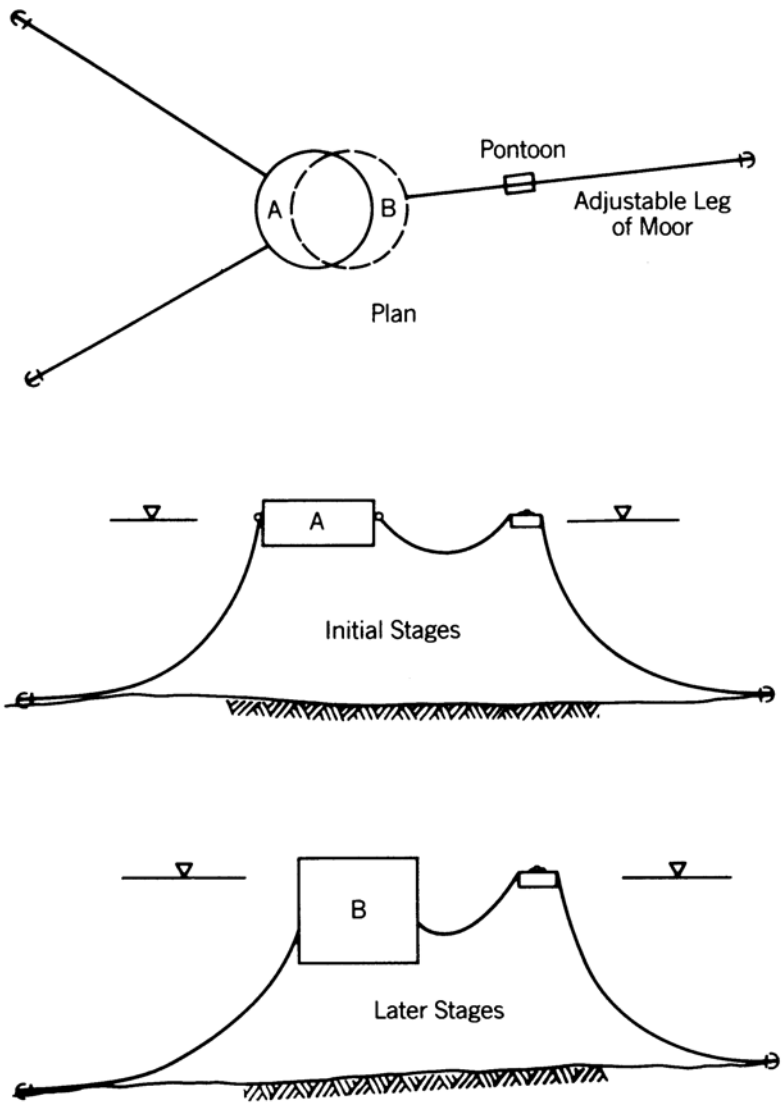
طی شناوری ، لنگراندازی و عملکردهای ساخت ابتدایی در بخش عمیق آب ، همواره احتمال فقدان فشار هوا در زیر یک مجموعه از قسمت های دامنه وجود دارد. بنابراین به منظور حداقل سازی اثرات مضر فقدان فشار هوا یا طغیان آب محلی ، تقسیم بندی می بایستی به دقت انجام شوند.

با روکش های بتنی عمیق و یک فضای خالی هوا ، فشار هوا در بالای یک قسمت ، اساساً بالاتر از فشار آب خارجی در همان سطح می باشد. ساختار می بایست به دلیل فشار داخلی بیش از حد که تنش در سلول را ایجاد کرده ، کنترل شود.

مرحله ی ۳ – لنگر اندختن در بخش عمیق آب

هریک از سه یا ۴ پایه پیش نصب می شوند و در بویه های لنگر ساخته می شود. این ها به طور نمونه متشکل از یک دسته لنگر سنگین بر روی کف دریا یا لنگر مته شده در ساحل ، تیرهای متعدد در زنجیر و یا یک خط مهار طناب سیمی یا زنجیر در بویه می باشند. بویه در محل تقریبی با یک دسته لنگر کوچک و طناب اتصال نگه داشته می شود.

از بویه ، یک زنجیر به بستر سازه امتداد یافته و به مانع متصل می شود. اکنون ، یک مهار متوالی از سازه‌ی شناور تا لنگر همراه با یک شناور تقویت کننده ی آن در مرکز وجود دارد که در زیر بارگذاری حالتی ارتجاعی به آن داده و واژگونی سازه را کاهش می دهد، حداقل برای رشد تصاعدی یک خط فراهم شده به طوریکه ساختار پیش رفته و مهار کمتر در آب فرومی رود. به شکل ۳-۲۰ نگاه کنید. علاوه بر لنگرها، یک خط مهار آبی و یک خط مهار قوی از ساحل ایجاد می شود که با در هم گیر کردن این خطوط در یک طناب سیمی ، استحکام کافی را می توان فراهم کرد.



شکل۳-۲۰ : مهار سازه زیر آب در موقعیت سازه ای آب عمیق

مرحله ی ٤ – عملیات ساخت در کارگاه ساختمانی آب عمیق

فعالیت های ساختمانی عمده سکو اکنون اتفاق می افتند ، هنگامیکه ساختمان در آب یا عمق کافی ولی حفاظت شده لنگر انداخته است. طی این دوره ، ساختمان می بایستی بدون خطر در مقابل غرقه سازی آب تصادفی حفظ شود. از آنجا که نیروهای نامتعادل موقتی منجر به تنش های ساختاری می شوند که ممکن است موجب نقص مانند تنش های پس مانده شوند ، رسیدگی دقیق می بایستی راجع به رشته های ساختمان صورت گیرد.

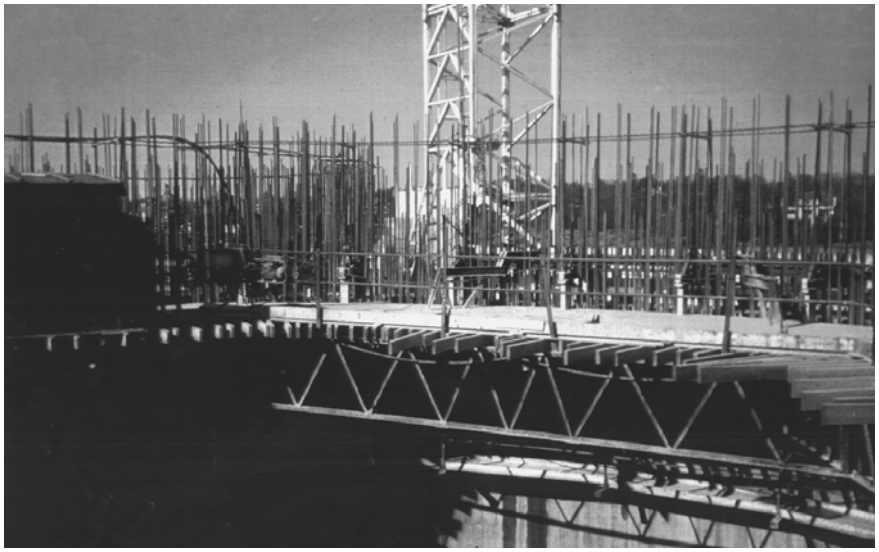
مختصراً پس از اینکه بستر سکوی مرکزی لنگر انداخت، آبگیری صورت می گیرد. عمل متوالی امواج که به چهارچوب های موقتی دیواره نزدیک به خط آب ضربه می زند، منجر به عملکرد و سپس خستگی پیچ های نگهدارنده‌ی چهارچوب می شود. قسمت های خارجی آن بخش غرق می شوند و فشار آب درون آن قسمت بستارهای موقتی داخلی را به دو قسمت همجوار می شکند. خوشبختانه ، همه ی داربست های دیگر حفظ شده و قایق بیش از این کج نمی شود.

اگرچه سازه‌ی شناور در بخش دوردست به طور محکمی لنگر انداخته است. سوراخ های آدم روی آن در عرشه ایمن نبودند. هنگامی که سازه در امواج کج می شود ، بخش دیگر آن بلند شده ، بخش مجاور سازه را از جا کنده و درنتیجه عرشه ی آن را غوطه ور می سازد. آب در سوراخ های آدم روجاری شده و سازه‌ی شناور رها شده ، برگشته و غرق می شود.بنابراین، در همه‌ی دریچه های موقتی برای ایستادگی در برابر خستگی می بایستی پیچ ها را طراحی کرد. می توان از مهره های دوتایی همراه با واشرهای پشت گیر استفاده کرد. می توان صفحات بزرگ را برای جلوگیری از شکستگی های محلی پایه های تیر چوبی، نصب کرد.

یک فرایند که می توان آن را به طور مفیدی در افزایش سطح آزاد پهلویی طی مرحله ی بحرانی شناوری و ساخت کامپارتمان هوای اولیه به کار برد، توسعه دادن دیوارهای بیرونی بیشتر از دیوارهای درونی می باشد. به عنوان مثال ، در کامپارتمان های هوای "اکوفیسک" و "هیبرنیا" دیوارهای خارجی بر فراز دیوارهای بتنی داخلی ساخته شده اند. این کار را نیز می توان با توسعه دادن یک بند موقت برفراز بستر قایق که از بستر به تکیه گاهی برای ارائه ی پهلوی سطح آزاد کافی متصل شده انجام داد.

طی شناوری ساختمان ، سکو برای نگهداری از پهلوی سطح آزاد یک متری در برابر امواج طوفانی به اضافه ی خیزاب های ناشی از باد در برابر آن موقعیت و فصل سال مورد نیاز است، به این معنا که در هر قسمت غرق شده ایمن باشد . اگر نتوان از این امر پشتیانی کرد ، بنابراین پهلوی سطح آزاد سالم می بایستی تا حدود ۶ متر بالا رود. اکنون ساختمان می تواند در قسمت عمیق آب قرار گیرد.

اگر ساختار مبنی بر نیروی ثقل ساخته شده از بتن مسلح باشد که امروزه اغلب معمول است، پس از انتقال و نصب مجدد فولاد تقویتی ، کانال های پیش فشرده و بتن می بایستی با حجم قابل توجه و بر یک پایه ی کم و بیش دائمی ایجاد گردند.(شکل۳-۲۱)



شکل ۳-۲۱: سازه‌ی قاب دیواره ها

یک نوع سازه‌ی شناور دارای ۱۲۰۰ متر طول دیوارهای با ضخامت ۸۰ سانتی متر می باشد ، بنابراین یک تولید مداوم احتمالی ۱۰۰ متر مکعب در روز نیاز به افزایش آن ها با سرعت ۱ متر در روز دارد. ضمناً ، شاید ۳۰۰۰۰۰ کیلوگرم یا بیشتر، از فولاد تقویت شده می بایستی همراه با کانال های پیش فشرده و لوحه های جاسازی شده به کار برده شوند. به اندازه‌ی۶۰۰ کارگر در هر شیفت به مدت ۶۰ روز از عملکرد مداوم نیاز داریم.

متغیرهای بسیاری در این طرح ساختمانی وجود دارند که همگی تحت شرایط خاص کاربردی می باشند.(شکل۳-۲۲) در جایی که تأمین کارگر محدود است ، جایی که یک تراکم غیر معمول از آرماتور وجود دارد، باید جایگزینی ها با دقت زیاد تنظیم شده و اجرا گردد.

شکل ۳-۲۲ : فعالیت مهندسین در حین نصب آرماتورهای سازه

تخته های قالب بندی به بالا برده شده یا سپس همراه هر بتن ریزی در نتیجه ی فضا و زمان تعیین موقعیت می شوند. در این حالت اغلب استفاده از قاب های پنجره ای و قیف های ناودانی را برای جای دادن بتن ایجاب می کند. همچنین به این معناست که تعداد زیادی از اتصالات ساختمانی افقی وجود دارد.

هر دوی این تجهیزات را می توان با موفقیت به کار برد . این کاربرد نه تنها در ساختمان بستر سکوهای داخل دریا قابل استفاده است، بلکه در دیوارهای نسبتاً مشابه ساختارهای راکتور نیز استفاده می گردد.

همچنین در این گونه موارد، از قالب‌های لغزنده نیز استفاده می شود که ساختمان را با اتصالات ساختمانی عمودی به بخش هایی تقسیم می کنند. سکوی مرکزی "نینیان" ، همراه با هفت دیوار هم محورش به قسمت های جزئی زیادی تقسیم شده بود.

اجزاء پیش‌ساخته‌ی بتنی به طور ممتد در ساختمان بستر سازه جاداده شده اند که سکوی مرکزی "نینیان" و "سوپر CIDS گلدبال مدین" مثال های برجسته ای می باشند. این ها را می بایست به عنوان بخش بزرگ عملی معین نمود. بخش های ۲۰۰ تنی در سکوی مرکزی نینیان به کار برده شدند. آن ها را می توان در باقیمانده ی ساختمان، برای عملکرد به صورت یکپارچه ترکیب کرده که این ترکیب بوسیله ی بست های چوبی و اتصلات بتنی که در محل ساخته می شود و یا با پیش ساخته هستند، صورت می گیرد.

شیوه های بندکشی ریخته گری مشابه در مورد بسیاری از مجموعه های پیش ساخته به ظاهر قابل اجرا می باشند. این شیوه ها می توانند تکنولوژی را که اکنون برای پل های بادهنه ی طولانی کامل شده اند را در جاییکه واحدها تا عرض ۲۵ متر با این روش با موفقیت متصل شده اند ادامه دهند. ریخته گری نظیر با موفقیتی عظیم در دیوار موج شکن سکوی مرکزی نینیان، جاییکه اتصالات عمودی به کار برده شدند، استفاده شد. ریخته‌گری نظیر نه تنها منجر به ساخت سریع شده، بلکه صف بندی بی‌عیب مجاری پیش تنیده‌ی پیچیده را اطمینان می دهد.

مناسبات ساختاری دیگر شامل کاربرد صورت های بتنی سقف برای تقویت دیواره های عمودی و گنبدها طی ساخت کامپارتمان هوای بستر می باشد. سکوهای با مخزن از شکل هرمی بتن پیش ساخته ای استفاده کردند که توده های گنبد دار ساخته شده از سیمان پاشیده شده بودند. سکوهای متعددی از مصالح پیش ساخته برای قالب بندی گنبد پایین تر استفاده کردند. در سکوی هیبرنیا از تیرها و قاب های پیش ساخته برای قالب بندی سقف استفاده شده است.

زیر طاق های فولادی همراه با تیرهای تقویتی ساخته شده ی درو نشان را می توان مشابهاً بکار برد ، که همگی با هدف عملکرد مرکب با بتن ساختن در جا طراحی شده اند. این زیر طاق های فولادی می توانند خرپاهای مازاد بر احتیاجی را داشته باشد که آن ها را تقویت کرده و برای استفاده به عنوان آرماتور اخیراً جاسازی شده اند.

هنگامی که به دیوارهای به شدت ضخیم نیاز داریم، مثلاً در برخی طرح های ساختمان های ضد یخ ، ممکن است بخش های محصور به جعبه ی بتن پیش ساخته را به کار برد یا با بتن دریایی ساخته شده پر شود. مثال های کاربرد مؤثر ترکیب بتن پیش ساخته و بتن ساخته شده در محل ، دیوارهای خارجی سلول هوای اکوفیسک و سکوی مرکزی بنینیان می باشند.

همراه با ساختارهای مبنی بر نیروی ثقل فولادی ، بخش های پیش ساخته ی بزرگی بالا برده شده ، به موقع هدایت شده ، تنظیم شده و متصل می شوند. آن ها می بایستی به طور موقت در مقابل باد تقویت شوند. محل های جوشکاری باید در مقابل باران و ریزش حفظ شوند. ستون ها و میله های استوانه ای می بایستی برای تقویت کرنش های زاویه ای غیر مدور به اندازه ی کافی سفت شوند. بایستی از تنظیم درست لولاها و پیچ های ساختمان مطمئن شد.

در همه‌ی سازه های شناور ساخته شده، دسترسی به تعداد زیادی از پرسنل می بایستی فراهم باشد. این موضوع در گذشته اغلب ناچیز پنداشته می شد. پرسنل می بایستی از ساحل به یک قایق یا پهلوی اسکله ای شناور ، بر بالا و آن طرف دیوارهای خارجی و در طول سلول های باز و دیوارهای داخلی به سمت بخش کاری خود حرکت کنند.

این دیوارها دائماً همراه با میل گردها ، کانال ها و میله های بالا برنده ی پیش ساخته ی فاصله دار به سمت بالا امتداد داده شده و همگی در بالای دیوارها طرح ریزی می شوند. پهلوی سطح آزاد ساختمان نیز تغییر می کند. برای غلبه بر مشکلات ، فواصل میان سلول ها و دیوارها بزرگ بوده و دستیابی جرثقیل را به حریم آن ها توسعه داده و گاه از فولاد پیش ساخته و مواد دیگر استفاده می شود.

تعیین مجزای سلول ها و دیوارها ضروری است ، بنابراین هیچگونه اغتشاشی راجع به محل رفتن کارگرها وجود نخواهد داشت. گروه های دسترسی می بایستی طراحی شد و معابر امن ایجاد شوند. ممکن است میلگردهای فولادی پیش ساخته به صورت هدفمند در مکان های حقیقی خاصی گسترش یابند. این عمل باید در طرح و نقشه‌ی کارها جای داده شود و به مکان تعبیه شدن در کارگاه توسط طراح بررسی شود.

میلگرد ها خم شده و فضای میانشان کاسته می شود. از اتصال دهنده های مکانیکی علاوه بر جفت کردن برای اتصال دادن میلگرد ها استفاده می شود. با چنین تراکمی از فولاد ، بیش از ۵۰۰ کیلوگرم بر مترمربع، نرخ پیشرفت بتن ریزی هم باید کنترل شود.

ترکیب‌های بتنی که به طورکافی برای جریان داشتن در اطراف کارامد هستند را می بایستی طراحی کرد. سنگدانه های درشت به اندازه ی ۸ تا ۱۰ میلیمتر کاهش یافتند و حجم ماسه به اندازه ی ۵۰٪ افزایش یافت . قراردادن بتن به طور معمول با ترکیبی از تلمبه زنی و بیل مکانیکی یا حتی با کمک فرقان صورت می گیرد ، که آخری برای توزیع در حالات شیب دار می باشد. ترکیبات خاص در هنگام ضرورت اضافه شده و از نظر دمایی برای مطابقت داشتن با سرعت افزایش حالات شیب تعدیل می شوند.

کناره‌ی سطح آزاد را می توان با مستحکم نمودن سلول ها با شن، ثابت نگه داشت. اگر چه این اعمال می بایست در هر مرحله و زیر مرحله، به دقت طراحی و کنترل شوند. بر سکوی" بریل A "، سلول های اصلی با آب تا عمق ۴۰ متر مستحکم شدند .

هیچ گونه تعادل آبی در این سلول های ستاره‌ای شکل مانند سوراخ ریز و مابین سلول های اولیه وجود ندارد، چرا که این شکاف ها با سکوهای چوبی اولیه ای پوشیده شده اند که با حالت های شیب دار باد کشیده می‌شوند، تنها پس از پایان بتن ریزی کامپارتمان هوای بستر با ارتفاع حدود ۵۲ متر ، هنگامی که سکوهای عمل جابجا شدند ، ترک خوردگی گسترده و بزرگی در دیوارها ظاهر شد. این نقص ساختمان در نهایت توسط بتن های خاص ترمیم شد .

این امر نیاز به طراحی در مجسم کردن هر یک از مراحل اضافی ساختار را مرحله به مرحله برای انعکاس افزدون تدریجی بتن توضیح می دهد و این افزایش ، وزن ، نشست و عمق را تغییر داده است. تغییرات مثبت تعادل در پایداری تغییر ایجاد می کنند و تغییرات در بارگیری هیدروستاتیک و پاسخ ساختاری به ترکیبات نیروی مختلف را سبب می شوند.

طی شناور بودن ساخت، عمق ساختار پایه بتدریج افزایش پیدا می کند. این امر سبب تغییر در حوزه ی خطوط لنگر می شود. به طور معمول ، تنش لازم را می توان با به داخل کشیدن یک یا دو خط حفظ کرد. در صورتی که یکی از این خطوط به سمت ساحل برده شود، به ایجاد تنش لازم کمک می شود. در غیر این صورت، تجهیزات تنظیم کننده را می توان را با یک پانتون بزرگ لنگر که بر روی حلقه ی طناب لنگر انداخته، فراهم کرد، که هدفش کوتاه سازی حوزه ی اثر عمودی آن است. چنین سیستمی یک جسم شناور و بزرگ ارتجاعی است و ممکن است انعطاف پذیر باشد و به همین دلیل یک پانتون بزرگ مناسب است.

ایجاد تنش در یکی از پایه های لنگر با کشش به درون ساختار سبب بروز مشکلاتی می شود که علت این امر اتصال زیر آب و نیروهای زیاد موجود در آن می باشد. به هر حال چنین امری برروی کامپارتمان هوای سازه انجام شده است که مشکل مشابهی را بروز می دهد. با گذشت زمان طناب های لنگر بایستی محکم شوند و روکش ها به سمت بالا امتداد یابند و مکان بست های کششی تعویض شود.

لنگر ها باید به گونه ای طراحی شوند که سازه‌ی پایه را در طول توفان های شدید، امواج و جریان های خطرناک در زمان دوره ساخت حفظ کند. معمولاً مدت زمان دوام این لنگرها ۱۰ سال است ، اما باید به احتمال شکستگی و بروز نقص در لنگر ها نیز توجه داشت.

سازه‌ی پایه معمولاً دارای چند بارج مهار است که به داخل آن لنگر انداختند. این امر مانع حرکت آن در هنگام وقوع توفان می شود. بنابراین در محاسبات باید چنین مواردی را تحت بررسی قرار داد.

به سبب وجود کارگران زیاد در هر شیفت نیاز به انجام کار مداوم ، تعویض زیاد آن ها صورت می گیرد. که این امر یکی از مشکلات اجرایی می باشد. در طول آب و هوای نامناسب و بادهای شدید مشکلات بسیاری از قبیل جابجایی کارگران ، بروز حالت تهوع در آن ها ، و یافتن مکان مناسب برای حفظ آن ها از باران و باد به وجود می آید. در زمان طرح ریزی باید به این مسائل نیز توجه کرد. همچنین باید اتفاقات غیرمنتظره را نیز در نظر گرفت. اگر کارگری زخمی شود چه پیش می آید ؟ آیا برانکارد یا تشکی وجود دارد که بتوان با آن کارگر زخمی را به وسیله ی جرثقیل به یک کشتی انتقال داد ؟ در مورد افتادن کارگران به دریا چه طور ؟ معمولاً در اطراف سکوهای بزرگ قایق های نجات به طور ۲۴ ساعته حضور دارند. باید وسایل نجات غریق و طناب های شناور را نیز فراهم آورد. در طول زمان انتقال کارگران باید جلیقه نجات به تن داشته باشند. پوشیدن این جلیقه برای کارگران در زمان کار در سلول ها ضرورتی ندارد. به هر حال ، اگر در سلول ها آب وجود دارد بهتر است از جلیقه نجات استفاده کنید.

عمق سلول ها(کامپارتمان ها) معمولاً ۶۰ متر است. بهتر است در جاهایی که کارگران مشغول کار هستند تورهای نجات مهیا باشد. معمولاً این تورها در کنار لوله های بزرگ و اصلی نصب می شوند. جوش ها در این نوع پروژه ها خطرناک هستند. بهتر است با یک سرپوش قرمز پلاستیکی روکش شوند. لوله های پیش فشرده مخصوصاً لوله های عمودی مکان های مناسبی برای هستند.

آنها باید با سرپوشهای پلاستیکی قرمز پوشیده و از باران دور نگاه داشته شوند. در پروژه های باران سنگینی آمده و پس از آن یخبندان می شود. آب باران به درون لوله ها نفوذ کرده و در آن جا منجمد شده ، در نتیجه دیواره های بتونی می شکنند . در طول ساخت باید آب شیرین و برق به میزان مهیا باشد. اگر مکان ساخت در نزدیکی ساحل است می توان از لوله پلاستیکی و کابل برق استفاده کرد ، در غیر اینصورت باید یک منبع آب و ژنراتور در اطراف قرار گیرد.

در طول فرآیند نصب نهایی ، سکو در کف دریا مقاوم سازی می شود. با نزدیک شدن سکو به نقطه تماس ، آب به دام افتاده در زیر سازه تمایل به لغزاندن سکو دارد. با اینکه خروج آب اضافی از محوطه و کاهش میزان فرود این مشکل را تا حدودی رفع می کند ، اما شیوه مؤثر جدیدی برای جلوگیری از لغزش و حرکت سکو به وجود آمده است . در این روش در کف دریا ۳ یا ۴ مسیر تخلیه(dowel) قرار می دهند که در ۲ یا ۳ متری کف سازه قرار داده می شوند.

این مسیرها به سبب وجود محدودیت در پروژه قابل نصب نمی باشند ، بنابراین پایین داده شده و در کف آب های عمیق مکان ساخت، ثابت می شوند. یک مسیر تخلیه در واقع یک لوله ی فولادی است که ۲ متر قطر ، ۷۵ تا ۱۰۰ میلی متر ضخامت دیواره دارد و ۴ تا ۵ متر پایین تر از دامنه ها قرار می گیرند. این نوع مسیرها برای ایجاد مقاومت جانبی کافی در برابر لغزشهای هیدرودینامیک طراحی می شدند که این مقاومت را از طریق توسعه مقاومت منفعل در خاک به دست می آورند .

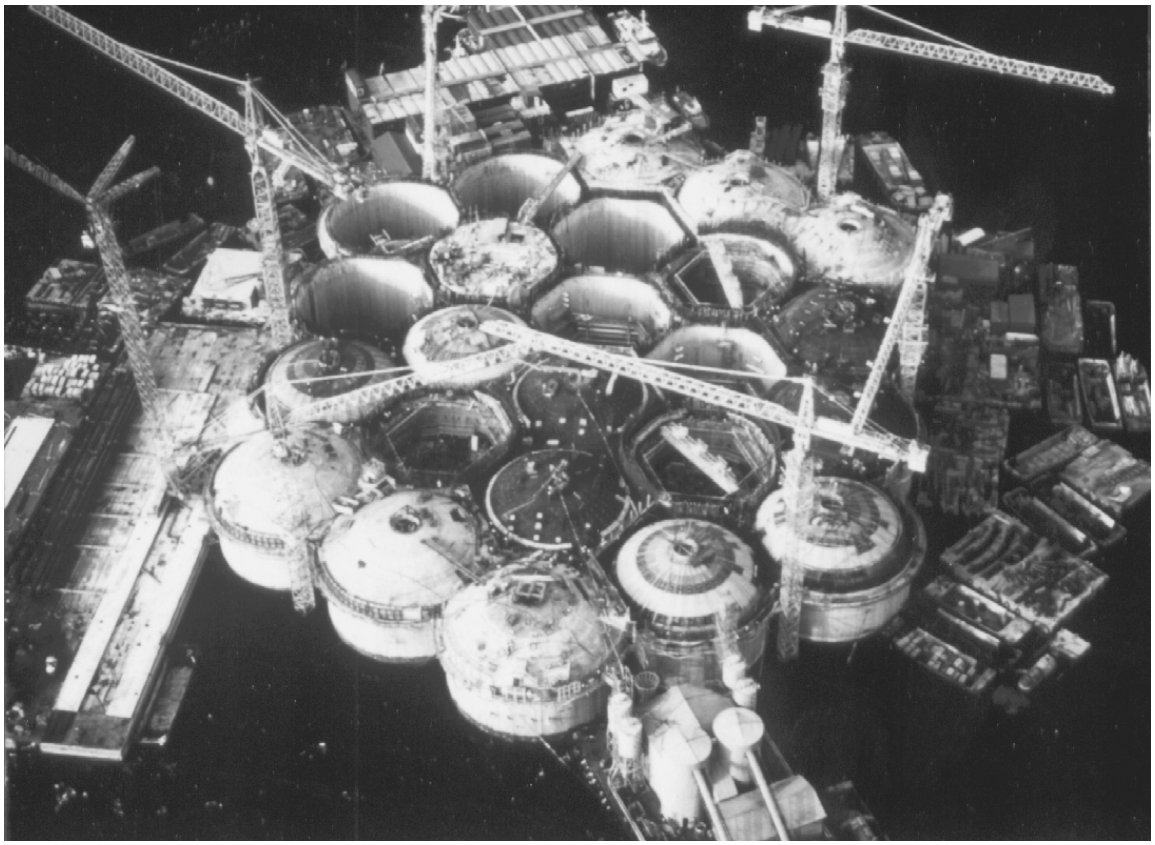
ساخت مسیر به منظور جلوگیری از ایجاد نقص و خرابی در ساختار طراحی شده است. به این ترتیب که ابتدا روی خاک (زمین) شیار را ایجاد کرده و سپس لوله(dowel) را خمیده می کنند تا ساختار سالم و بدون آسیب باقی بماند . پس از دخول ساختمان به آب پر عمق ، هر مسیر پایین داده شده و با بتن ریزی داخل یک روکش رفته و سرجای خود محکم می شود.

در طول مرحله نصب سیستم های مکانیکی مخصوصاً لوله کشی نفت خام و شاخص های سطح نفت انجام می گیرد. در لوله های بهره برداری چند واحد تهویه و پمپاژ پیچیده قرار می‌گیرد. همچنین برای جریان و حرکت طناب‌ها از دیواره های مصنوعی و همچنین منظور انتقال نفت خام از طریق لوله ها ، راهگاه ها در داخل یا بر روی محیط پیرامون کامپارتمان ها نصب می شود. در برخی موارد ، این راهگاه ها دارای تیوپ های J شکل و راهنما های منحنی شکل می باشند.

تجربه نشان داده که نصب سیستم های مکانیکی می تواند سبب ایجاد وقفه طولانی مدت در برنامه ساخت شود . به منظور کاهش این مدت زمان و ایجاد نتیجه بهتر، باید تنظیمات واحدی با میزان بالا اجرا و واحدهای بزرگ در داخل لوله های بهره برداری و راهگاه ها کار گذاشته شود. همچنین ، به منظور نصب سریع بهتر است راهنما ها و اسکلت های پایه بوسیله یک قایق جرثقیل دار بزرگ جمع و انباشته شوند. واحد بندی و پیش ساخت باعث می شود پوشش‌ها تحت شرایط دستگاه مورد استفاده قرار گیرند. در این مکان ، شرایط دما و رطوبت معمولاً معکوس است ، از این رو باید پوشش‌ها را بررسی و درست کرد.

مرحله ۵ - تکمیل ساخت کامپارتمان(سلول)

مرحله بعدی در مکان آب های پر عمق ساخت سقف گنبدی کامپارتمان پایه است. ساخت چنین سقفی ۱۰ هزار تا ۲۰ هزار متر مربع از ناحیه را شامل می شود و حدود ۱۵ تا ۳۰ سلول را پوشش می دهد. زمان ساخت این سقف بیشتر از زمان ساخت دوباره کامپارتمان پایه است. ، البته میزان و تناسب بتن آن کمتر می باشد. تأخیر آن به سبب پایه ورقه هاست. در ساخت این سقف از زیر اطاق‌های گنبدی بتونی از پیش ساخته شده و تخته چندلا و ورقه های فولادی معمولی استفاده می شود(شکل ۳-۲۳)



شکل۳-۲۳ : تکمیل و ساخت سقف گنبدی کامپارتمان ها

یک زیر طاق فولادی شامل فولاد تقویت شده و داربست های چندکاره برای عمل مرکب می باشند.این زیر طاق می تواند به عنوان یک بالابر عمل کند و امکان بتون کاری سریع را فراهم می آورد.

پس از بتن ریزی ، گنبدها با یک بتن سبک وزن پوشیده می شود تا اثر اشیای افتاده از عرشه در طول حفاری و اعمال ساخت خنثی شود. همچنین برای لوله کشی و انتقال نفت خام از پایه های لوله خمیده استفاده می کنند که روی سطح خارجی کامپارتمان های پایه نصب شده و باید به صورت افقی در لوله های راهگاهی قرار گیرند.

از آنجا که امکان دارد زیر ساختار به منظور جفت گیری عرشه به مکان دیگری یدک کش شود ، فاصله یدک کشی در اطراف دیواره ها که گنبدها در آغازتقسیم می شود، تنظیم و یکدست می شوند. پیوند اتصال یدک کشی برای از بین بردن بار شکست طناب های ید کشی و همچنین به منظور داشتن یک پیوند ضعیف بین خودشان طراحی شده است که قبل از کشیدگی آسیب رساندن به ساختار از بین می رود. تقویت محیطی معمولاً در این مقطع بین گنبدها و دیواره های بیرونی ضروری می باشد. به منظور ایجاد سهولت در این عملکرد باید مراحل به درستی برنامه ریزی و طراحی شوند.

بیشتر سکوهای ساحلی به منظور کاهش مرکز جاذبه نیازمند استحکام سازی خاک می باشند. استحکام سازی خاک شامل بتن ریزی سطح بالایی پایه (داخل سلول ها) می باشد. بتن باعث ایجاد گرمای زیاد از هیدراته سازی شده و از این رو منجر به افزایش گرما می شود که می تواند دیواره های متصل را سنگین کرده و صفحه را بشکند. بنابراین ، بهتر است مخلوط به گونه ای درست شود که گرما و و چسبندگی کمتری ایجاد کند. میزان بالای تراکم مناسب بوده که این میزان می تواند بوسیله تجمع میزان زیاد جاذبه افزایش یابد. از تفاله سیمان کوره(سرباره)، سیمان دارای گرمای پایین و یا مخلوط پازوال – سیمان پورتلندی می توان در ساخت مخلوط استفاده کرد. استحکام یک معیار نیست ، از این رو می توان میزان محتوای کل سیمان را پایین نگه داشت. به منظور جلوگیری از واکنش ساختاری نامطلوب بین بتن و دیواره ها، بهتر است ورقه های شکننده (فوم پلی اورتان) روی دیواره های مرزی قرار گیرند. زمانیکه بتن مستحکم به منظور دارا بودن عمل ترکیب ساختاری بهتر طراحی شود ، لازم است آن را بمنظور جلوگیری از شکست دیواره ها به سبب گرمایی زیاد هیدراته در مقاطع و بخش ها قرار داد.

در استحکام سازی خاک نیز سنگ معدن آهن به کار می رود که بوسیله پمپاژ به صورت یک ماده غلیظ قرار می گیرد. در زمان خالی کردن این ماده به وسیله لوله زهکشی باید دقت لازم صورت گیرد.

در جایی که استحکام سازی خاک روی صفحه ها انجام می گیرد(متصل به صفحه های پایه)، سنگ‌های پرتراکم می توانند روی آن قرار گیرند. برای جاگذاری سنگ روی صفحه های زیر آب می توان از روش‌های دیگری نیز استفاده کرد : جاگذاری از طریق یک لوله انتقال مصالح دارای قطر بزرگ ، جاگذاری در ظرفی که پایین داده شده و جلوی لوله تخلیه قرار گرفته است و تخلیه از سطح به سطح نسبتاً کوچک . باید به نیروی فشار بر صفحه نیزتوجه کرد.

تست‌های انجام شده روی سکوهای ساحلی و عملکردهای مشابه نشان داده که تخلیه آرام توده‌ی چسبنده منسجم خوب و مناسب است.اگر توده قبل از تخلیه در آب غرق شود ، در این صورت مقدار زیادی از هوای به دام افتاده موجود در آن خالی می شود. این شیوه در آب‌های عمیق تر از طریق لوله عملی می باشد.

مرحله ٦- ساخت لوله

مرحله بعدی ساخت ستون لوله می باشد که نسبت آن از نظر تعداد از یک تا چهار عدد باشند. این ستون های لوله ای با استفاده از ورقه های متغییر و با ضخامت کم ساخته می‌شوند. ورقه های ستون لوله ای مثل ورقه‌های دودکش تمایل به پیچش دارند ، بنابراین تنظیم کردن آن پس از شروع چرخش بسیار سخت است. همچنین امکان دارد یک میله فولادی درون دیواره جای داده شود و به عنوان یک نقطه واکنش به کار رود.تک لوله بزرگ سکوی مرکزی نینال با استفاده از بتون ساخته می شود(شکل۳-۲۴) و کمی بعد از منقبض شدن بصورت یکپارچه و منسجم عمل می کنند.کنترل عمودی بوسیله ذره بین سبب می شود لوله ها درست روی صفحه پایه قرار گیرند. برخلاف کوره های روی زمین ، محور عمودی یک ساختار شناور و یا حالت و نوع ساختار تغییر می کند ، بنابراین تمام نقاط باید با صفحه پایه مرتبط باشد. (شکل ۳-۲۵)

شکل ۳-۲۴: سکوی "نینیان" که با استفاده از قطعات پیش ساخته بتنی ساخته شد.

شکل ۳-۲۵: ستون های لوله ای سکو ها

در طول ساخت لوله ها ، مدخل عمودی توسط یک بالابر ساخت ایجاد می شود که به صورت جانبی در فواصل نگه داشته شده است. مدخل ها باید در بتن قرار بگیرند تا استحکام لازم را برای اتصال به بالابر داشته باشند. (شکل ۳-۲۵)

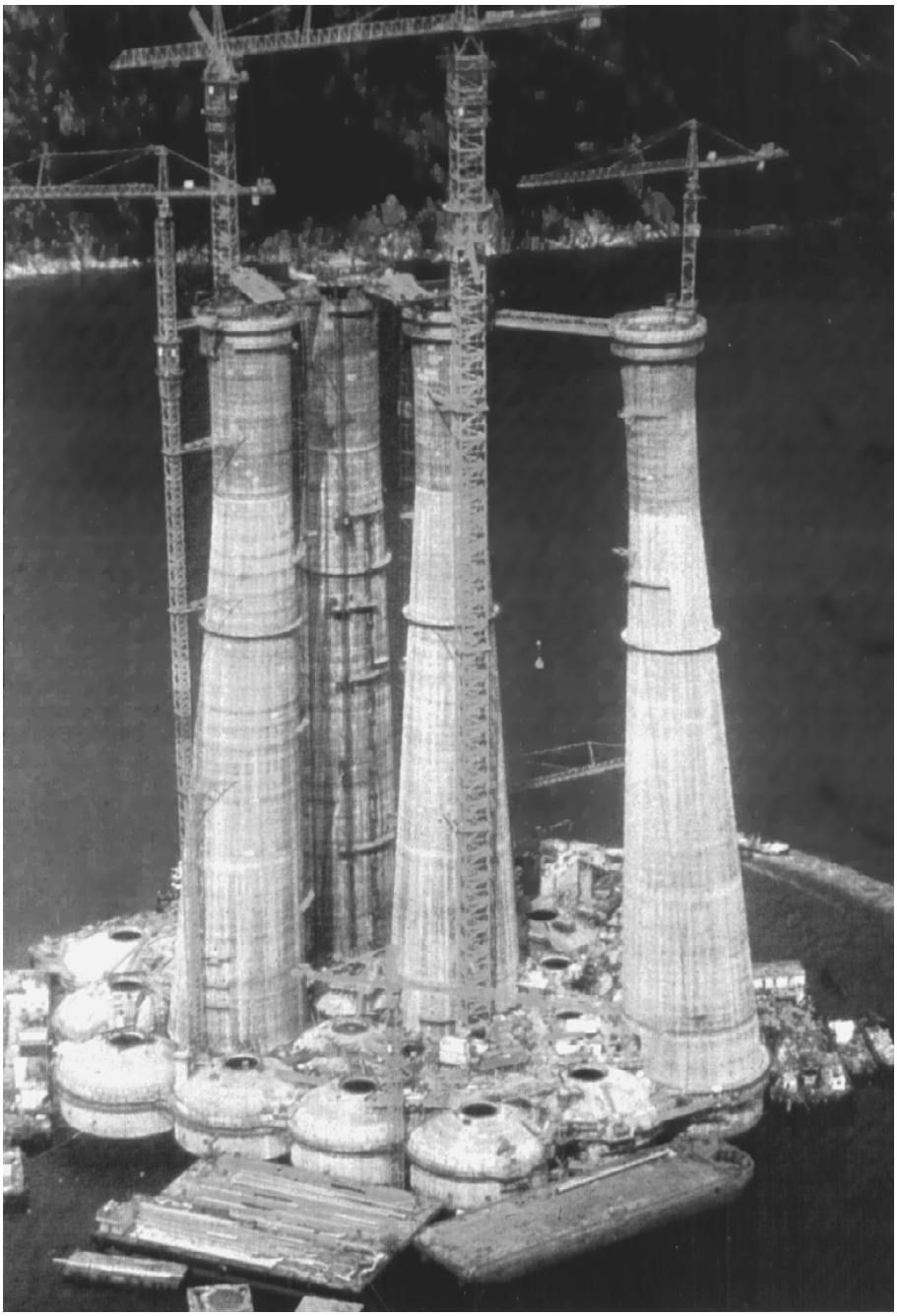
انقباض لوله ساخته شده معمولاً از طریق راهرویی در عرشه پایه انجام می شود. در این مرحله ، راهرو به طول کامل غرق و تابع فشارهای هیدرواستاتیکی و مختلف با آب متعادل قرار می گیرد . از آنجا که برای بالا بردن و ملاط کاری مجراها یک دستگاه موقتی نیاز است ، پایه های داخلی اضافی فولادی یا چوبی عملی تر و بهتر از بست‌های بتونی دائمی هستند. بتن ریزی تحت فشار کافی انجام می شود تا بتواند به سر لوله ها برسد و همچنین اتصال لوله ها به هم سبب لایه گذاری قابل توجه و انتقان نیرو می شود. وجود تجهیزات مناسب برای پر کردن مجدد و استفاده از مصالح خاص مانند تیکسوتروپیک ضروری می باشد.

در برخی از سکوها با پی وزنی(مانند سکویAndoc)، بخش بالایی لوله ها از فولاد ساختمانی ساخته شده تا وزن و میزان چرخش را کاهش دهد. لوله های بزرگ پس از استحکام سازی ساختمان پایه با استفاده از یک جرثقیل بزرگ در زمین قرار می گیرند. استحکام سازی ساختمان پایه به منظور کاهش ارتفاع بالای آب صورت می گیرد.

سکوهای با استقامت بالا از فولاد هم ساخته شدند. به عنوان مثال می توان سکوی ساحلی کوچک "لوانگو"در دهانه رودخانه کنگو و سکوی بزرگ" مارین" در دریای شمال را نام برد ساخت آن ها تقریباً مانند ساخت سکوهای بتونی است ، اما از آنها سنگین تر هستند.

کپسول های بزرگ (مخزن استوانه ای متصل به کناره پایه) در طول مدت یدک کشی و نصب باعث ایجاد ثبات و سبکی می شوند.

مفهوم بسیار معناداری از ساختار ترکیبی توسط "شرکت نفت خام ساگاری نروژ" پیشنهاد شد. توالی جفت گیری پیشنهاد شده شامل اتصال بخش بالایی اسکلت لوله ای فولاد به بخش پایینی ساختمان سلولی بتونی می باشد. هر دو دارای زاویه انحنای ۳۰ درجه افقی هستند. مسلماً کنترل حالت ، گرایش و چرخش ضروری می باشد. با این وجود ، چنین عملکرد مشابهی بر روی ستون بارگیری با موفقیت انجام شد.



شکل ۳-۲۶ : ساختار لوله ها بر روی سلول های کف

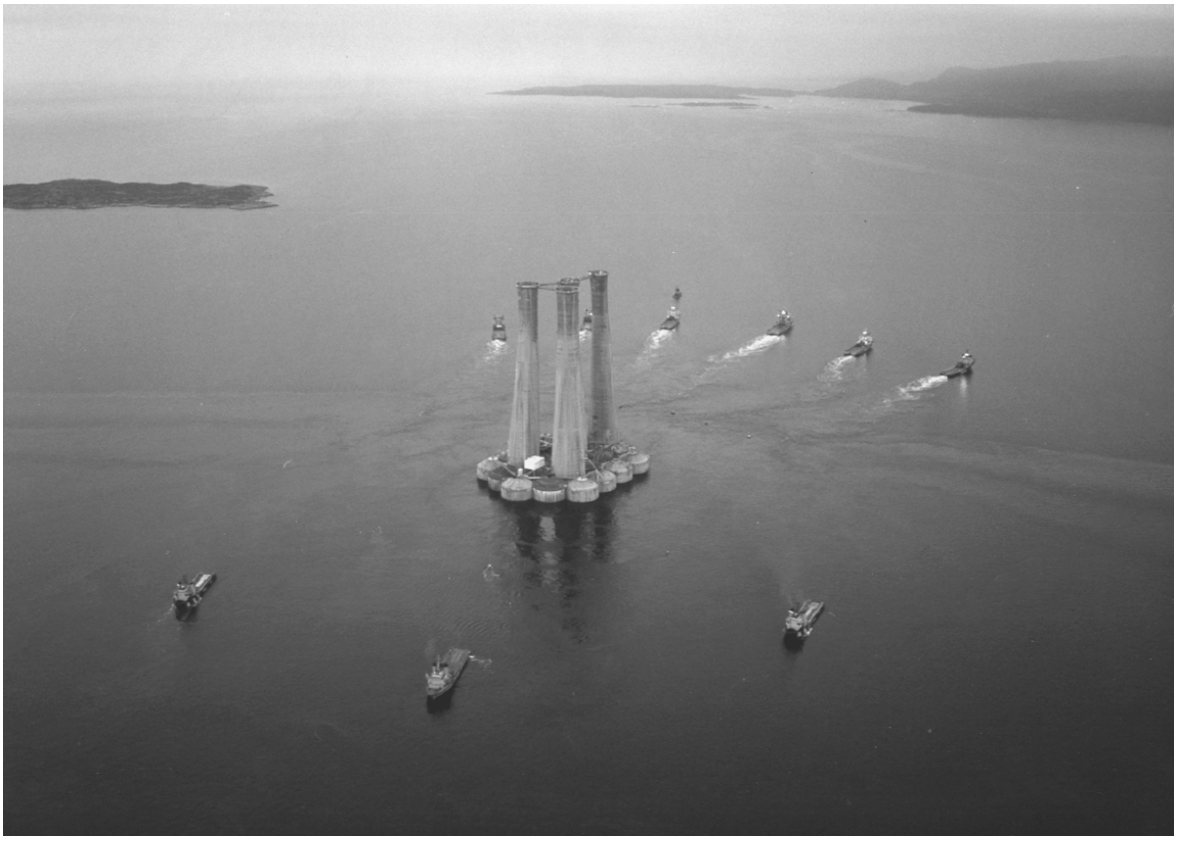
مجهز ساختن مکانیکی باید در طی و پس از ساخت آنها داخل لوله ها انجام شود. درب های موقتی سبب تسهیل ورود کارکنان و ایجاد خدمات می شود. دربها باید بسیار نزدیک و به گونه ای باشند که فشارهای تحمیل شده توسط بارهای جاذبه و هیدرواستاتیک و همچنین خمیدگی لوله تحت عمل موج را تحمل کنند. همچنین باید در برابر آب مستحکم باشند. تجهیز سازی دریچه ها نیازمند دقت و همکاری مهندسان ساخت با مهندسی طراحی می باشد. به منظور جلوگیری از ورود آب به منفذ زیر فشار هیدرواستاتیک باید توجه بسیاری به نقاط اتصال موجود در بالا صورت گیرد. می توان ملاط یا اپوکسی به آن نیز تزریق کرد. البته باید توجه بسیاری به فشارهای باقیمانده و پیش فشارهای گوناگون داشت.

معمولاً ساخت روی لوله ها از آهن های حلقوی سنگین بزرگ استفاده می شود. البته می توان همانند سکوی "کان دیپ" از بتون پیش فشرده و تقویت شده استفاده کرد و یا مانند سکوی نینیان فولاد ساختمانی به کار برد. در هر صورت باید مقاومت ، سطح و فواصل بین لوله ها رعایت شود. از آنجا که در زمان نصب این لوله ها ، ساختمان دارای توزیع استحکام متفاوت با توزیع استحکام زمان جفت گیری یدک کش ها دارد ، باید عوامل مهم و مناسب به درستی محاسبه و برای خمیدگی های گوناگون به کار برده شوند.

مرحله ۷ - یدک کشی به مکان جفت گیری آب های عمیق

در این مرحله ، ساختار برای جفت گیری عرشه به یک مکان متفاوت ، یدک کشی می شود ، زیرا این محله نیازمند وجود آب عمیق تری نسبت به مکان نصب نهایی است. سازه با آب خوری نزدیک به لبه‌ی پایه بزرگ شناور می شود. از آنجا که یدک کشی به صورت کلی یا جزیی داخل آب های محدود انجام می شود ، قایق‌ها با طناب‌های یدک کشی دارای نوسان کوتاه خود یدک کشی می شوند.

متأسفانه ، فشار پروانه ها کشتی بر ساختمان پایه اثر می کند و در نتیجه سرعت خالص به میزان بسیار زیادی کاهش می یابد. در مورد سکوی "استات فورت B" گفته می شود که یدک کشی متوقف شده و دوباره پایدتری آن تنظیم شد. استفاده از ۲ یدک کش پر قدرت در این مرحله بسیار مؤثر بود.



شکل ۳-۲۷: یدک کشی سازه‌ی پایه برای اتصال به عرشه

کنترل و هدایت ساختمان داخل کانال های باریک بوسیله یک یا چند قایق کمکی در هر طرف انجام شد. بدین ترتیب که یدک کش های پرقدرت در عقب و یدک کش های کوچک کشنده در جلو قرار گرفتند. برای انجام چنین یدک کشی ، یک سکوی کنترل موقتی نصب شد.

باید ژنراتوری برای تأمین قدرت و نور، سوخت ، ذخایر آب شیرین، رادیو و تجهیزات جهت یابی برای کشتی فراهم آید.همچنین یک قایق نجات به علاوه کپسول های آتش نشانی در کشتی قرارگیرد.

سکوهای استات فورت حدود ۱۰۰ کیلومتر بسمت مکان جفت گیری در آب های عمیق یدک کشی شدند. سکوهای مرکزی نینیال حدود ۳۰ کیلومتر و سازه‌ی آندوک از روتردام تا برگن در نروژ یدک کشی شد (شکل ۳-۲۷).

تنها نگرانی مهم درباره مسیرها ، وجود جریان هایی است که به صورت امواج بسیار بزرگ عمل می کنند، زیرا می توانند بر قایقها تأثیر بگذارند و موجب تغییر مسیر یا توقف آنها شوند.

مکان جفت گیری عرشه باید به گونه ای باشد تا عمق لازم برای غرق شدن ساختار و حفاظت آن از بادها و مکان های لنگر اندازی را فراهم آورد. در سر مدخل عمیق و باریک مکان مناسبی وجود دارد که از کشتی ها در برابر بادهای بزرگ و سنگین حفاظت می کند.

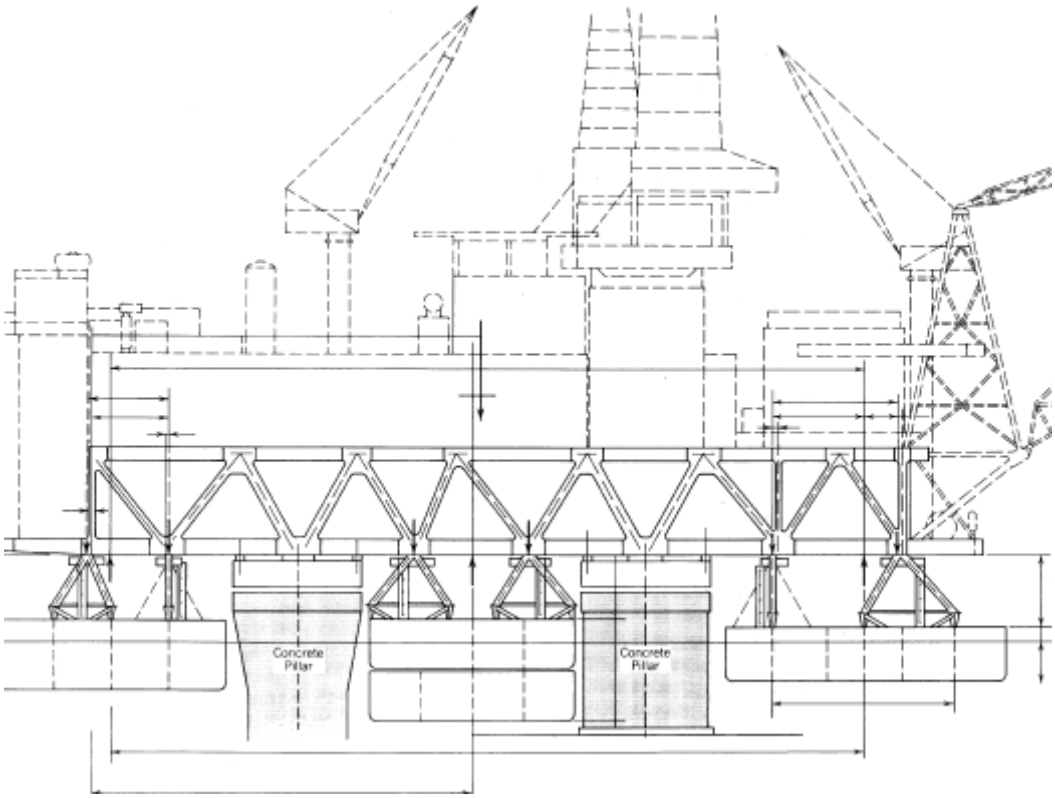
لنگرها در بستر دریا و در صورت لزوم در ساحل نصب می شوند. نصب لنگر در ساحل سبب ایجاد سهولت در تنظیم طول طنابها می شود. به منظور لنگر اندازی مجموعه عرشه، قایق بالای مدخل ، مکان دوم مخصوص لنگر اندازی نیز تأسیس می شود.

مرحله ۸- ساخت ساختمان عرشه

بنابراین ، زمانیکه ساختار پایه ساخته شد ، عرشه نیز به صورت منسجم ساخته می شود. این کار معمولاً در یک کارخانه کشتی سازی و بر روی تیر آهن ها یا داربستها انجام می شود.

این نوع شرایط با شرایط عملکرد عرشه در زمان جفت شدن با زیر ساختار کاملاً متفاوت است ، از این رو باید انحراف و تغییر شکل به درستی محاسبه شود. میزان انحراف می تواند ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلی متر باشد که بر تجهیزات ، لوله کشی و تیر آهن ها اثر بسیار می گذارد.

ستون ها باید در آب های کم عمق نزدیک کارگاه کشتی سازی ساخته شوند. ستون ها برای ساخت باید کوتاه و یکسان باشند و در مکان نزدیک به سر لوله های ساختار پایه قرار گیرند. این عمل سبب ساخت عرشه تحت شرایط یکسان در زمان نصب روی ساختار پایه می شود. بنابراین نصب و قرار گیری درست این ستون ها بسیار مهم است. مقاومت این ستون ها باید بر حسب ۲۰ یا ۳۰ میلی متر و در سطح ۱۰ میلی متر می باشد.(شکل ۳-۲۸)



شکل۳-۲۸: نحوه قرارگیری بارج ها برای انتقال عرشه

ساخت عرشه معمولاً با قراردادن ستون های حلقوی فولادی ساختمانی بسیار سنگین آغاز می شود. این ستون ها با بتن پر می شوند و سپس روی ساختار پایه نصب می شوند. پس از آن دار بستها یا ستون های فولادی صفحه با مقطع های از پیش ساخته شده، ساخته می شوند. به دلیل وجود ظرفیت و محدودیت ، ضخامت صفحه معمولاً حدود ۱۰۰ میلی متر می باشد.

فرآیند جوشکاری نیازمند عمل پیش گرمایش و گرمایش پس از جوشکاری است. از آنجا که اتصالات جوش دستخوش بارگذاری های دوره ای قرار می گیرند ، لازم است مقاطع جوش کاری ساییده شود و به وسیله NDT مورد بررسی و بازبینی قرار گیرد. البته بهتر است سختی نواحی مجاور نیز بررسی شود.

با ساخته شدن پایه ها ، واحدهای گوناگون تجهیزات نیز نصب می شوند. فهرست بندی کارها یک موضوع بسیار مهم است. بنابراین به هنگام تجمع واحد ها باید نهایت دقت را به عمل آورد و اتمام ساخت پایه ها را به درستی انجام داد. برنامه ریزی درست سبب قرار گرفتن واحدها بر روی ساختمان پایه ، غرق شدن و در برخی موارد لغزش آنها می شود.

حال ، عرشه قرار گرفته روی ستون ها یا پایه های موقتی، دیگر یک ساختمان بسیار بزرگ است که با دما منبسط و منقبض شده و با نصب وزنه ها می چرخد. بنابراین ، عرشه معمولاً روی ورقه های فولادی یا نوپرون سنگین قرار می گیرد، این امر سبب تغییر شکل برش و چرخش می شود. به صورت همزمان عرشه باید به گونه ای ساخته شود که در برابر توفان و باد مقاوم باشد و شرایطی فراهم آورد که مانع لغزش ساختمان شود.

میزان شدت نیروهای باد می توان به ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ تن برسد. ترکیب چرخه های دما و باد ممکن است سبب لغزش ساختمان شود، از این رو به هنگام بالا بردن ساختمان نهایت دقت صورت می گیرد. همچنین اتصالات باید مورد بررسی و بازبینی قرار گیرند. در طول این دوره ، کارگران بسیاری در فضاهای بسته بر روی سکو جرثقیل و برای ایجاد تهویه و نور کار می کنند. از آنجا که عرشه همیشه حساس و مهم بوده و هزینه کارگران بالا می باشد ، به منظور پس اندازه مالی باید برنامه ریزی درستی صورت گیرد. باید از تجهیزات ضد حریق هم استفاده شود. از آنجا که کار بالای سطح آب انجام می شود به منظرو حفاظت از افراد باید از اجسام و تورهای شناور استفاده کرد.

بهتر است در بتن ریزی تجهیزات جوشکاری الکتریکی دقت بسیاری صورت گیرد. نصب کامل جوشکاری باید در شرایط خوب و مناسب انجام شود و به هنگام ایجاد آسیب توسط سایش سریعاً تعمیر یا تعویض شود.

کار درست و برنامه ریزی شده همراه با پردازش نور کافی مزایای مثبتی برای امنیت و کارایی دارد. تمیز کردن، عایق کاری و عملیات سندپلاست سخت است، اما فرقی با ساخت کشتی های بزرگ ندارد. برخی از اعمال و بهره برداری‌ها نیازمند حفاظت در برابر باران و توفان است ، بنابراین باید از حفاظ های پلاستیکی و یا کرباس‌های ضد حریق استفاده کرد.

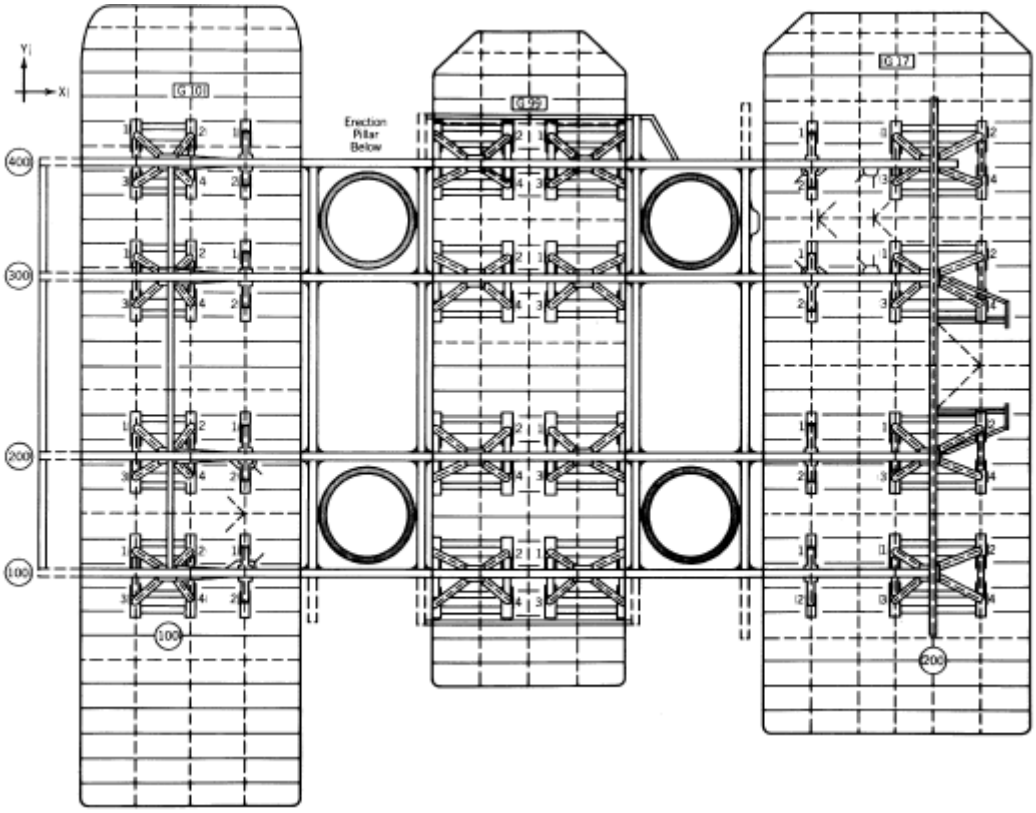
کنترل وزن ساختمان اصلی و سازه‌ی پایه باید حفظ شود ، زیرا نیروی جنبشی افزوده شده بر عرشه سبب قرار گرفتن آن بالاتر از مرکز رانش شده و در نتیجه اثر نامطلوب بر روی استقامت و دوام سازه می گذارد. به عنوان مثال ، برای خنثی کردن یک وزن ۱۰۰ تنی روی عرشه نیاز به افزودن ۱۰۰۰ تن خاک در ستون پایه می باشد.

زمانیکه ساختمان عرشه آماده انتقال می شود، باید وزن و تقسیم بار آن مشخص باشد، زیرا ساختمان عرشه به وسیله تجهیزات شناور منتقل می شود. در برخی موارد به علت تأخیر عملکرد یک یا چند واحد ، امکان دارد این ساختار با پیکربندی نهایی آن تفاوت داشته باشد. بهتر است از تجهیزات و ابزار موقتی بر روی صفحات استفاده شود.

مرحله ۹- انتقال عرشه

حالا ، عرشه به وسیله بارج‌های بزرگ از روی پایه های ستونی برداشته می شود. این بارج‌ها می توانند بارج‌های ساحلی معمولی ، یا لاشه تانکرهای اضافی و یا بارج های ساخته شده برای شناور ماندن زیر عرشه و بین ستونها باشند. سپس آنها استحکام سازی می شوند تا بتوان آنها را از زیر عرشه بلند کرده ، سپس بین تیرآهن های عرشه‌ی بارج و سکو در نقاط مناسب قلاب هایی اضافه می شود.

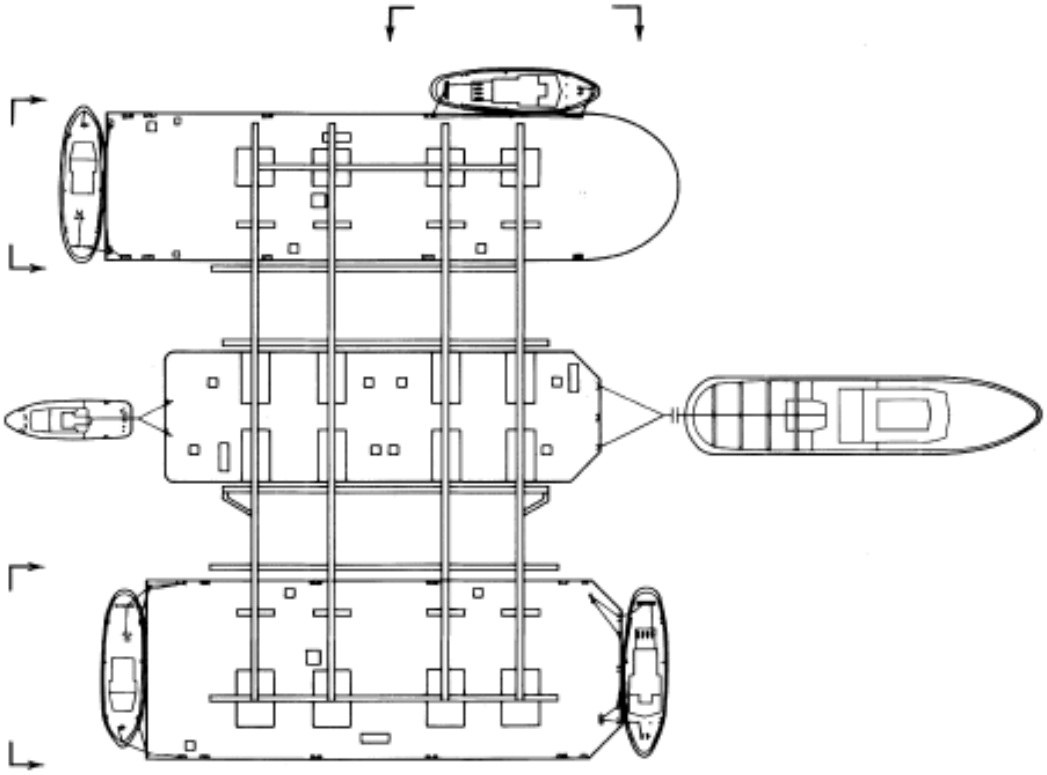
با توجه به مکان اتصالات ثابت ، مکان پیوست‌ها و اتصالات ، و مکان استفاده از بست‌ها یا گروه ها باید ارزیابی و تحلیلی دقیق صورت گیرد. اتصالات ثابت و مستحکم سبب ارتقاء و افزایش استحکام پایه های عرشه می شوند که این امر نیز نیازمند ارزیابی است.



شکل۳-۲۹: نحوه قرارگیری بارج ها برای انتقال عرشه

۲ یا ۳ سکو همراه با عرشه یک سیستم ساختاری کامل تشکیل می دهد و باید تحت شرایط پایدار و پویای مورد نظر در طول این حرکت ویژه تجزیه و تحلیل شود. زمانیکه تمام سکوها برجاهای خود محکم شوند ، قلاب‌ها به هم متصل می شوند. درست قبل از حرکت ، سکوها را از سر جای خود حرکت می دهند. به منظور تأیید نیرو در اعضای کلیدی از سلول‌های بار استفاده می شود. سپس آن ۳ سکو حرکت داده شده و در این صورت عرشه عاری از ستون و پایه می شود.

در طول این عملیات ، سکوها به وسیله طناب‌های دراز و محکم به ستون‌ها بسته می شوند تا حرکات عمودی درست انجام شود. برای گرفتن ضربه و برخورد از طنابهای نایلونی استفاده می شود.اگر بین ستون ها و سکوها از بلوک استفاده می شود، بهتر است از پوشش تفلون یا مشابه آن باشد تا امکان لغزش را آسانتر کند. سپس بارج‌ها پشت سر هم قرار می گیرند که سبب ایجاد کشش و هدایت جانبی می شود.



شکل ۳-۳۰: جانمایی یدک کش ها برای تعیین موقعیت عرشه

نگرانی اصلی در طول بکسل چنین بارج های ۲ یا ۳ بدنه، در کانال‌ها است. بارج‌ها باید دارای قدرت کافی باشند. اگر سیم بکسل به صورت نازک باشد ، موتورهای کنترل عملکرد بهتری خواهند داشت . این امر سبب می شود تا بارج ها در صورت لزوم در حوزه و نواحی خیلی کوچک کار کنند.

باید به منظور تأیید و اطمینان استحکام آنها از طرح‌های طوفان مصنوعی استفاده کرد ، بهتر است این نوع آزمایشات و طرح ها در مکان های دور و تقریباً متروکه انجام شوند.

برای یدک کشی عرشه شبیه به یدک کشی سازه‌ی پایه، برای کنترل ، ارتباط ، ایجاد نور و مواقع اضطراری تجهیزات موقتی نصب می شوند.

باید در محل ورودی تصمیم درست گرفته شود که به پیش بینی وضع هوا و میزان پایداری عرشه – سکو دارد. زمانیکه مجموعه عرشه – سکو به هم متصل می شود بسیاری از قلاب‌ها آزاد می شوند ، در این هنگام که هنوز پایه ها ستون ها وجود دارند تنش کوچکی بین سکو و عرشه به وجود می آید.

مرحله ۱۰- فرو بردن سازه‌ی پایه برای اتصال به عرشه

قبل از ورود مجموعه عرشه – سکو، سازه‌ی پایه دستخوش ۲ نوع آزمایش می شود . اولی آزمایش انحراف استاندارد است که در آن وزن مشخص در فاصله مشخصی حرکت داده می شود. زاویه نهایی انحراف اندازه گیری می شود. در این صورت ، موقعیت واقعی ارتفاع متاسنتری و مکان مرکز شناوری و گرانشی میتواند ارزیابی شود. آزمایش دوم در مورد سیستم های استحکام و آزاد سازی ، سیستم های کنترل و تأیید انسجام زیر ساختار نفوذ ناپذیر است. این کار فرصت مناسبی برای آموزش تمام خدمه و کارکنان در این عمل بسیار مهم است.

در بسیاری از موارد ، نفوذ ناپذیری آب بستگی به دریچه های موقتی دارند (در مورد نینیال ، چند صد اتصال و بست برای بستن حفره های موج شکن سوراخ دار به کار رفت). بنابراین باید دوباره بررسی شوند تا از اتصال و ایمنی آنها اطمینان حاصل شود. حتی شکست و نقص یکی از آن ها می تواند سبب ویرانی کل سکو شود. سپس ، در مراحل گوناگونی سازه‌ی پایه در آب مغروق شده و وزن آب افزوده شده در برابر طرح نهایی بررسی می شود.

در برخی از موارد در طول مغروق سازی عمیق به داخل سلول های اصلی هوای فشرده وارد می شود تا بتوان به منظور جلوگیری از انفجار داخلی ناشی از نیروهای هیدرواستاتیک ایمنی بالایی فراهم آورد. این توصیه ها توسط "فدراسیون بین المللی FIP" و "آزمایشگاه بتن ACI357 آمریکا" برای ساختارهای دریایی بتن بیان شدند. از نظر ساختار عامل ایمنی مهمی در فقدان هوا است. بنابراین ، استفاده از هوای فشرده در ایمنی ساختار نقش اساسی دارد.

هنگام ورود هوای فشرده به داخل سلول باید دقت بسیاری صورت گیرد و از درستی آن اطمینان حاصل شود. این عمل به صورت مرحله به مرحله و با هماهنگی فشار هیدرواستاتیک خارجی در طول غرقه سازی عمیق و استحکام زدایی پس از آن انجام می گیرد. فشار هوا در ارتفاع کامل خود پیوسته ثابت است، اما فشار هیدرواستاتیک هم به دلیل استحکام زدایی کاهش می یابد و هم در یک محور زاویه ای در طول ارتفاع سلول تغییر می‌کند. فشرده سازی نادرست هوا منجر به نیروی انفجاری بیرونی در بخش های ساختار طراحی شده برای بار خارجی می شود. فشردگی هوا سبب افزایش دمای آن می شود ، که پس از مدتی خنک شده و دمای آن به دمای آب بیرونی می رسد. ساختار معمولاً خیلی بزرگ است. هوای فشرده شده سبب افزوده شدن چند صد تن هوا به وزن کلی ساختار در طول فرآیند پرکردن می شود.

در طول غرقه سازی ، ساختار تابع نیروهای هیدرواستاتیک بیرونی می شود. این نیرو بسیار زیاد بوده ، بنابراین فشارها به بیشترین میزان خود می رسند و امکان وقوع هر نوع شکست ساختاری به وجود می آید. در مورد "استات فورد A" گفته می شود که در ابتدا سوراخ کوچکی در دیواره دیافراگم سلول پدید آمد ، پس از مدتی تبدیل به یک سوراخ mm ۲۰×۱۰ شد اما سرانجام تعمیر شد. شکست "اسلیپ نر " طی آزمایش غرقه سازی صورت گرفت، در عمیق ترین بخش آن شکاف سلولی بزرگی به هنگام تراکم برش به وجود آمد. پس از مدت کوتاهی سوراخ دیگری به وجود آمد و منجر به غرق شدن کل ساختارشد. خوشبختانه خدمه روی عرشه به سلامت از آن خارج شدند. البته این شکست توسط محققان مورد بررسی جامعی قرار گرفت، آنها متوجه شدند که خطای فنی مورد نظر وجود فولاد تقویت‌کننده در مجاور مجرای بخش دو دیواره می باشد. سلول دستخوش نیروی هیدرواستاتیک بیرونی قرار گرفت اما سلول های اصلی مجاور دچار استحکام زدایی شدند ، بنابراین یک برش بزرگ ایجاد گردید که با تراکم غرقه سازی عمیق ترکیب شد.

شکل ۳-۳۱: انتقال عرشه به موقعیت برای اتصال به سازه‌ی پایه

مرحله ۱۱- اتصال عرشه

حال در این مرحله نوبت به عمل انتقال عرشه می رسد. البته پیش بینی وضع هوا باید مطلوب و میزان وزش باد بسیار کم باشد. در مجاورت آن نباید رفت و آمد قایق‌ها انجام گیرد. به منظورحصول اطمینان از وجود محاسبات براساس تراکم واقعی ، ارزیابی تراکم آب در اعماق صورت گرفت. ساختار پایه از پایین محکم می شود تا فقط ۳ تا ۵ متر از میله بالای سطح آب قرار گیرد. مجموعه عرشه – سکو به آرامی به طرف میله حرکت داده می شود . فاصله مجاز معمولاً بین ۳۰۰ تا ۵۰۰ میلیمتر است. (شکل ۳-۳۲)

شکل۳-۳۲: سازه عرشه شناور بر روی سکوی بتنی مغروق

میله های هیدرولیکی می توانند ساختار را در mm ۲۰ کنترل کنند ، اما طناب‌ها دارای خاصیت کشسانی هستند که این امر باعث می شود آنها حتی در برابر موج‌های کوچک هم آسیب پذیر و حساس باشند . بنابراین ، فرآیند بلوکه سازی به کار می رود. در این فرآیند به منظور تأثیر بر کنترل افقی از جک‌های هیدرولیکی استفاده می شود. این سدها (بلوکه) با تفلون روکش شده و بنابراین می توانند به طور عمودی بلغزند.

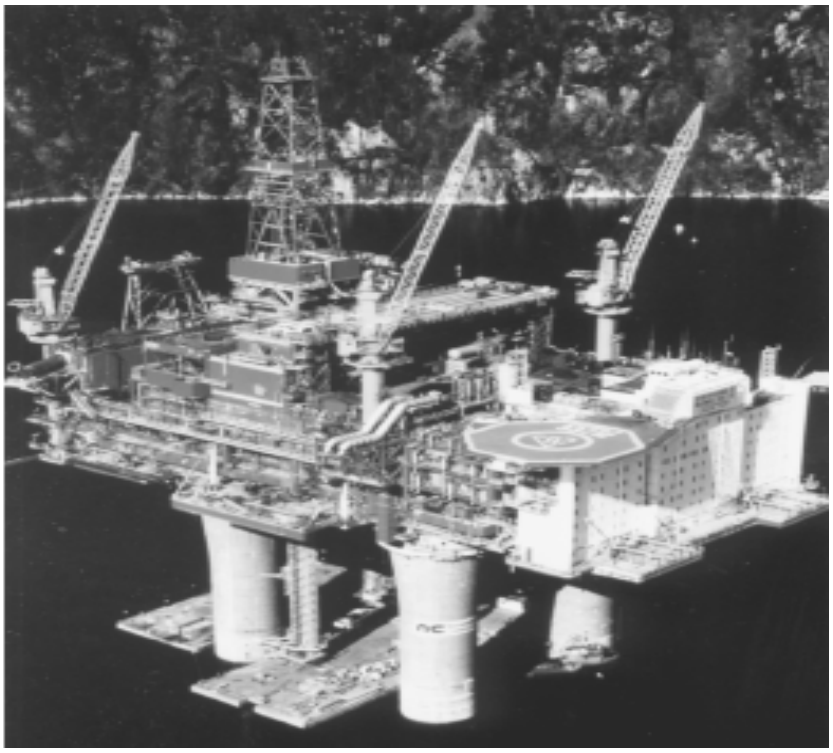
پس از تأیید موقعیت سازی افقی نوبت استحکام بخشی ساختار پایه میباشد. معمولاً اختلاف عمودی ۱ متر است. درست پس از یک تماس کوتاه ساختار پایه بالا آورده می شود. پس از آن تمام نقاط بررسی شده و استحکام بخشی ادامه می یابد. وقتی که ۱۰ درصد بار منتقل شود ، دوباره بررسی موقعیت انجام می شود. حالا ، تمام قلاب‌های کششی باقیمانده بدون اتصال و آزاد هستند.

در طول این مرحله یک واکنش بسیار پیچیده صورت می گیرد. از آنجا که سکوها فاقد وزن هستند ؛ همزمان با بالا آمدن سازه‌ی پایه،عرشه بلند می شوند. از آنجا که حالا وزن عرشه روی زیر ساختار است ، ارتفاع تعادل آب در سلول ها کاهش می یابد که به معنی به حداکثر رسیدن سدهای هیدرولیکی خارجی است. این شرایط در زندگی و عمر ساختار نقش بسیار حساسی دارند.

سرانجام سازه‌ی پایه از سکو بلند شده و در ارتفاع مطمئنی قرار می گیرد(شکل ۳-۳۳). این ارتفاع ایمن به منظور متعادل ساختن امنیت بر علیه دوام انفجار درونی و دستیابی به کار بهتر انتخاب شده است. حال می توان کامپارتمان های سکو را خالی کرد.

از آنجا که شرایط پشتیبانی از عرشه در طول انتقال ذاتاً متفاوت با شرایط پشتیبانی از ستون ها یا زیر ساختار است، از این رو انحراف و پیچش‌های عمودی و افقی نیز با هم تفاوت دارند. با استفاده از ابزارها و دستگاه های حامل باید انعطاف پذیری عرشه و میله ها را هماهنگ و تنظیم نمود که این کار سبب حرکت جانبی روی تکیه‌گاه ها می شود. جک های شنی ، پره های نئوپرنی و صفحات لغزنده جز سیستم های به کار رفته در این فرآیند هستند. هرچه که در این فرآیند استفاده می شود باید مفید و مناسب باشد.

تنظیم مقاومت عمودی بین عرشه و تیرهای حلقوی روی میله ها توسط برخی از ابزار صورت می گیرد. "سی . جی دوریس" بمنظور تنظیم مقاومت بین عرشه و تیر حلقوی از جک‌های صاف استفاده کرد که سبب ارزیابی و برابرسازی بارها می شوند.



شکل۳-۳۳: سکو به ارتفاع مناسب جهت فعالیت رسیده است

پس از چنین تنظیمی ، دوغاب سیمان جایگزین آب موجود در جک ها می شود. پیمانکاران نروژی از لوله های آهنی نرم دارای دیواره ضخیم استفاده می کنند. این لوله ها زیر تراکم بار تغییر شکل می دهند و خود را با بار متناسب و هماهنگ می سازند.

حالا عرشه به تنهایی و فقط توسط جاذبه روی میله ها قرار دارد. بهتر است به منظور صحت ایمنی آن در زمان های وقوع سیل مورد بررسی قرار گیرند زیرا اینها در زمان سیل کج می شوند. معمولاً عرشه در صورت ایجاد خمیدگی به هنگام برخورد دچار لغزیدگی نمی شود. چنین خمیدگی در مرحله آخر سکوی "استات فورد A " صورت گرفت. در طول آزمایش سیستم کنترل استحکام، یک دریچه باز ماند که سبب تغییر جهت آب به یک سمت و در نهایت ایجاد یک خمیدگی بسیار شدید شد. در نتیجه علائم هشدار به صدا درآمده و کارگران محل را ترک کردند. خوشبختانه ، ناظر روی سکو بسیار عاقل بود و به ارگان دستور داد تا عمق را کاهش دهند، دریچه ها را درست کنند و ساختار را به صورت عمودی مستحکم سازند.

عرشه بوسیله پیش فشار در برابر میله ها ایمن می شوند. پیش فشار در از بین بردن فرسودگی دوره ای و ایجاد ایمنی علیه خمیدگی تحت شرایط ناگهانی بسیار مؤثر است. این ستون های پیش فشار، معمولاً میله های کوتاه هستند. باید سیستمی به کار رود که بتواند فقدان نشست اولیه را تنظیم کند ، زیرا در یک ستون بلند ۴ متری فقدان نشست ۶ میلی متری ، برابر با فقدان پیش فشار ۳۵۰Mpa می باشد (تخمینی تقریباً نصف آنکه بوسیله جک ها وارد می شود.) البته از ستون های پیش فشار باید در برابر خوردگی محافظت شود زیرا اینها یکی از آسیب پذیر ترین نواحی به شمار می روند.

در مجموع ، اتصال و زهکشی باید به گونه ای باشند که آب شور در داخل لنگرگاه نفوذ نکند و پخش نشود. در طول اتصال عرشه ، باید نهایت دقت را در مورد آب بالاست موجود در تمام سلول ها به عمل آید تا بتوان هرگونه تغییر مشخص در سطح آب یا در کمیت آن را مشخص نمود. حتی اختلافات کوچک داخل سلول ها نیز باید بررسی شوند.

سوراخ کوچکی از سلول‌های سکوی" استات فورت A" منجر به ریزش درونی در حدود ۳۰۰ L/min شد. متأسفانه در اثر اتصال جانبی سلول هوا ، این سوراخ بزرگ تر شد و دستخوش نیروهای هیدرولیکی غرق شدگی عمیق قرار گرفت و به تعمیرات اساسی نیاز پیدا کرد.

انتقال عرشه "نینیان" به صورت متفاوت اما بسیار مبتکرانه انجام گرفت. ساختار عرشه که دارای ۷۰۰۰ تن وزن بود. بر روی زمینی در" اینورنس" اسکاتلند ساخته و سپس روی یک قایق بزرگ سرانیده شد تا بتوانندآن را به سمت شمال اسکاتلند یدک کشی کنند(شکل۳-۲۷). امکان اتصال سازی نزدیک جزیره "اسکی" بود. در این جزیره عرشه به ۲ قایق منتقل شد که آن را از طریق لبه هایش پشتیبانی می کردند. در همین حال ، ساختار پی بتنی از پایین مستحکم شد. در آب و هوای مناسب این ۲ قایق به سمت سازه‌ی پی برده شدند.

با بلند کردن سیم های پشتیبان شده از طریق بارج‌ها بر روی طناب‌های مرکزی هر قایق ، عرشه بلند شد .آن دو بارج سپس از میله دور شدند . این سیم های بالابر عرشه را به سمت میله پایین آوردند. با ایجاد تغییر در شرایط پشتیبانی، انحرافات بست های عرشه تغییر کرد که منجر به حرکات جانبی شد. سپس به منظور برابرسازی بار در هر یک از نقاط پایه از جک های صاف استفاده شد.

مرحله ۱۲- ارتباطات

در طول این مرحله که به ۲ یا ۳ ماه وقتی نیاز دارد ، سکو استحکام بخشی می شود که بتواند در موقعیت مطلوب خود بالا رود. در این موقعیت مطلوب فشار روی دیوارهای سلول کاهش یافته و میزان دسترسی به تجهیزات آسان می گردد. عملکرد بعدی مربوط به کارایی تمام تجهیزات و ارزیابی آنهاست. این کارها نیازمند صدها هزار ساعت کار می باشد. مکان انجام کار مطمئن و امن است ، با این وجود باید تمام امکانات دسترسی توسط آب فراهم گردد ، نیز باید ۳۰ تا ۵۰ متر بالاتر از سطح آب باشد. در هر تغییر صدها کارمند باید حرکت کنند و رفت و آمد داشته باشند. همچنین فراهم آوردن اسکله قایق ، قایق‌های کافی برای خدمه ، آسانسور و پلکان ، نور ، آب و نیرو ضروری می باشد. تا حد امکان ، روی عرشه از جرثقیل های دائمی استفاده می شود زیرا آنها از ابزار و ذخایر به درستی و در مواقع لزوم استفاده می کنند. البته ایمنی کارگران نیز باید تضمین شود و برای آنها قایق های نجات ، یک قایق ایمن و نرده های موقتی مناسب فراهم کرد وسرانجام امنیت کارگران از لحاظ آتش سوزی نیز باید تضمین شود.

مرحله ۱۳-یدک کشی به سمت مکان نصب

حال ساختار آماده یدک کشی شدن به سمت مکان مورد نظر است. تغییر مکان آن می تواند چند صدهزار تن باشد :در سکوی "اشتات فورت B" تقریباً ۷۰۰ هزار تن جابجا شد . معمولاً برای این کار ۶ یا ۷ فروند از بزرگ ترین یدک‌کش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند که میزان قدرت هر کدام از آنهاIHP ۲۰۰۰۰ بوده و دارای تیر مهاری با وزن بیش از ۵۰ تن هستند. این یدک‌کش‌ها با ابزار مهار و طناب‌های محکم مرتب و چیده می شوند. برای "سکوی ترول" میزان جابجایی ۱ میلیون تن بود که از ۸ یدک کش استفاده شد.

در آب های محدود به منظور جلوگیری از انحراف و حفظ سکوی GBS در پشت قایق‌ها از ۲ یدک کش استفاده می شود. سپس زمانیکه یدک کشی در فضای اقیانوس انجام گیرد، حوزه طناب های یدک-کشی درازتر شده و یدک کش ها آزاد می گردند.

یک قایق پایلوت می تواند مسیر را در طول خروج از کانال هدایت نماید و کشتی های دیگر را از وجود خود مطلع سازد و در برخی موارد حق اجازه دادن برای عبور از وسط آب‌های کم عمق را دارد. یک قایق نجات در کنار حرکت می کند که توسط سرپرست برای انتقال بین قایق‌ها در موارد ضروری و نجات اشخاص مورد استفاده قرار می گیرد.

سکوهای GBS مجهز به یدک کش با عرشه ناوبری ، رادیو برای ارتباط با قایق‌های دیگر و ساحل ، تجهیزات موقعیت یابی الکترونیکی ،تجهیزات ایمنی و ضد حریق ، اقامتگاه برای سکان داران ، ذخایر آب و سوخت ، و ژنراتورهای قدرت و نور می باشد. فرودگاه هلیکوپتر روی عرشه در مواقع اضطراری به کار می افتد. رادار یدکی ، ژیروسکوپ ژرافسنج همچنین ژنراتورهای اضطراری بر روی عرشه نصب می باشد.

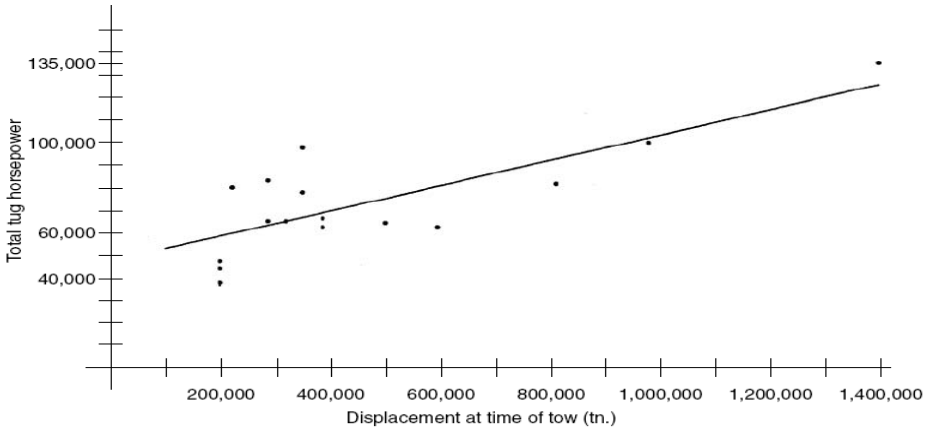
شکل ۳-۳۴ : یدک کشی سازه‌ی بستر سکویEkofisk

مسیر بدقت و با استفاده از تجهیزات مخصوص بررسی شده تا هرگونه صخره، بقایای کشتی ، برآمدگی و کم عمقی را که ژرفاسنج های معمولی تشخیص نداده اند ، این وسیله آنها را شناسایی کند. قایق ها و سکوها مجهز به تجهیزات موقعیت یابی ماهواره ای (GPSیاDGBS) می باشند.

معمولاً مسیر یدک کشی پاک و عاری از هرگونه کشتی است تا سازه به راحتی بتواند از یک طوفان تابستانی شدید بگریزد. در صورت وقوع طوفان سازه را از پایین مستحکم می کنند تا ثبات آن افزایش یابد. در طول مدت یدک کشی طرح ریزی ، استقامت سازی و قرار دادن تجهیزات بر روی عرشه ، همه طوری انتخاب می شوند که ۱ تا ۲ متر ارتفاع متناسنتری مثبت ایجاد کنند. ممکن است این موضوع خیلی کوچک به نظر رسد، اما باید به خاطر داشت که ممان بازگرداننده‌ی اولیه، GM را مشخص کرده و جانمایی سازه ای در این مورد بسیار بزرگ می باشد.

شروط و قوانین کنترل آسیب در طراحی نقش بسیاری دارد. معمولاً ساختار باید به گونه ای باشد که بتواند سیل را تحمل کند و قسمت بندی درونی یک بدنه وضد ضربه ساختن آن در بیشتر موارد غیر قابل اجراست ، از این رو بهتر است در صورت محکم بودن و ضخیم بودن بدنه می توان از این موارد چشم بپوشید، زیرا ناممکن خواهد بود. به خاطر داشته باشید که یدک کشی آسانتر از نصب است.

واکنش دینامیکی حرکات سکو باید تحت عمل طوفان بررسی شود . این امر معمولاً برای ۱۰ تا ۲۵ سال اولی که طوفان در آن موقعیت رخ داده در نظر گرفته می شود. این ساختار با ارتفاع متناسنتری نسبتاً کم خود در یک دوره طبیعی تقریباً طولانی (شاید ۲۰ ثانیه) حرکت کرده و تکان می خورد که شتاب هایی به اندازه ۰/۲۰ تا g ۰/۲۵ ایجاد می کنند. البته شتاب بر تجهیزات عرشه تأثیر گذاشته، مقاوم بودن تمام ضمایم در برابر نیروهای جانبی می باشد.محاسبه لحظات کنترل کننده برای زوایای گوناگون یک خمیدگی و نیروهای خم کننده ناشی از باد و امواج بسیار مهم است. از این رو ، یک سکوی معمولی نمی تواند واکنش یک لاشه کشتی معمولی را داشته باشد. ارتفاع متاسنتری ، میزان ثابت در زوایای خیلی کوچک خمیدگی است. معمولاً در طول یک طوفان خمیدگی ۵ درجه کاهش می یابد.



نمودار۳-۱: نمودار تناژ جابجایی بر حسب قدرت کلی یدک کش ها

نمودار۳-۱ نشان دهنده‌ی میزان نیروی کشش توسط یدک‌کش‌ها بر حسب وزن سازه میباشد.

مرحله ١٤- نصب در محل

ساختار بر حسب ورود به محل ، در کف دریا مقاوم سازی می شود. چندین یدک کش به صورت ستاره مانند در دریا متفرق می شوند تا سکوی GBS را در محل نگه دارند. در اینجا موتورهای کنترل بسیار مفید بوده و یدک کش را قادر به انتخاب عنوان آن بدون هیچ کششی می سازد.

" ویت و میورز" در مقاله خود با عنوان « موقعیت‌یابی ساختهای ساحلی، تحقیق و آموزش با شبیه سازی» که در کنفرانس نفت دریایی اروپا در استاونجر نروژ در سال ۱۹۷۸ برگزار شد ، قوانینی را برای موقعیت یابی و اجرایی یدک کش پیشنهاد دادند :

۱)دستور جدید را پس از مشاهده تأثیر دستور قبلی بدهید. ساختار با نیروی اینرسی زیاد و کشش کم حرکت می کند ، بنابراین تمام ترمز ها باید به وسیله یدک کشها صورت گیرند.

۲)تا حد امکان از یدک کش کمتر استفاده شود.

۳)پس از هر عمل یدک کش ها را به سرجای خود برگردانید.

۴)در تغییر نیرو برخلاف تغییرات اساسی از مراحل کمتری استفاده کنید.

یک روش ارزنده تر برای موقعیت یابی استفاده از زنجیر لنگر است. که دارای یک زنجیر و یک حلقه نجات می باشد. از جرثقیلی که روی عرشه سکو نصب شده طناب های سیمی به داخل آب و در مکان مورد نظر پرتاب می شوند. این سیستم لنگراندازی زمانی مناسب است که ساختارهای ساحلی روی میادین نفت نصب شوند.

معمولاً یک یا ۲ بارج جرثقیل بزرگ می تواند به جای چندین حلقه‌ی نجات عمل کنند و در طول غرقه‌سازی به عنوان کشتی های کنترل عمل کنند(این عمل برای سکوی دارای پوشش فولادی کیناک انجام شد). موقعیت یابی نهایی در پاراگراف های بعدی توضیح داده شده است. کنترل نصب از طریق اتاق کنترل داخل ساختار صورت می گیرد.

- عمق یاب صوتی تا میزان عمق را از ۴ یا ۶ جهت بررسی کند.
- ترانسفورماتور فشار برای خواندن طرح در موقعیت های یکسان
- ترانسفورماتور فشار برای خواندن سطوح آب تعادل داخلی در هر سلول
- کشش سنج برای خواندن نیروهای محوری و در پرچها و نواحی منتخب
- ترانسفورماتور فشار متفاوت برای نشان دادن فشار آب در هر بخش از ناحیه
- انحراف سنج ۲ محوری برای بررسی انحراف
- ترانسفورماتور فشار زمین برای بررسی فشارهای تماس بر روی صفحات اصلی
- ترانسفورماتور فشار در سیستم هیدرولیکی بسته برای کاوش منطقه

راهنمای نصب شامل توضیح تمام سیستم های موجود و داده های مربوط به آنها بوده و راهنمایی هایی برای نصب می دهد که در پایین آمده است :

۱)موقعیت یابی و جهت یابی

۲)بررسی اتصالات در منطقه نشست

۳)استحکام سازی و تخلیه

۴)کاوش ناحیه بتونی

۵)تزریق بتن زیر پایه

استحکام سازی قسمت های پایینی توسط پمپاژ آب دریا به صورت کنترل شده انجام می شود. در طول غرقه سازی، ثبات و استحکام بیشتری می شود (البته در ساختارهای دارای دیواره های عمودی). اما ساختارهای مخروطی از قبیل ساختارهای به کار رفته برای قطب شمال با افزایش غرق شدگی دوام خود را از دست می دهند به همین دلیل وجود مخازن شناوری ضروری است.

سیستم دیگر (که از تجهیزات نصب شده بر قایق های مکزیک برداشت شده است) روش انحراف به سمت پایین است. بدین ترتیب که انتهای یک وسیله از عمد به سمت پایین آب خم می شود تا با کف دریا برخورد کند ، سپس کل وسیله به سمت پایین می رود. در چنین موارد ی، پایداری به سطح آب و پشتیبانی از طرف کف دریا بستگی دارد تا مانع چرخش و حرکت آن به اطراف شود. با اینکه چنین مانوری برای ساختارهای کوچک کاملاً مناسب و موفقیت آمیز است ، اما گفته می شود که برای ساختارهای بزرگ زاویه انحنای آن باید کم باشد و قبل از به کار بردن آن باید در رودخانه و محدوده های کوچک آزمایش شود.

به هنگام بارگیری بر روی لبه سازه در طول نشست و برخورد به کف دریا باید دقت بسیاری به کار رود. امکان دارد ناحیه در هنگام اتصال متحمل فشار زیادی شود. این روش با موفقیت روی سکوی "هانترستونB "صورت گرفت.

برای ساختار های بزرگتر و سکوهای ساحلی اصلی، استفاده از مخازن شناوری موقتی مناسب تر و ایمن تر است. مخازن موقتی از نظر قطر و ارتفاع نسبتاً بزرگ بوده و می توانند مرکز حلقه را بدون اثر گذاشتن بر مرکز ثقل بلند کنند . آنها معمولاً از فولاد ساخته می شوند. با این وجود ، مطالعه ای نشان داده که یک ترکیب بتون- فولاد سبک وزن از این مخازن مؤثرتر و مناسب تر هستند.

همچنین گفته می شود این مخازن در زمان اینرسی سطح آب تأثیر کم داشته اما متأسفانه حجم جایگزین شده را افزایش می دهند. بنابراین اثر چندانی روی پایداری ندارد.

مخازن شناوری حلقه نجات موقتی، مرکز حلقه را بلند می کنند. در نتیجه آنها نمی توانند به صورت متقارت در اطراف ساختار قرار گیرند. به عنوان مثال ، چنین مخزنی فقط می تواند بر یک سمت نصب شود و با وزنه های تعادل منتخب به صورت عمودی نگه داشته شود. این مخازن باید در یک منطقه روی سلول پایه بزرگ به ساختار متصل شوند. این اتصالات تابع نیروهای دوره ای متحرک امواج در طول مدت یدک کشی هستند که می توانند منجر به فرسودگی دوره ای کمی مخصوصاً در محیط فرساینده شوند. پیش فشار مخازن به پایه ها وسیله خوبی برای اتصال می شود. (با استفاده از خطوط مهار متصل تنشی تقویت شده از سر مخزن در مرحله ای که سر آن بیرون از آب باشد). خطوط مهار پس از نصب آزاد می گردند. همچنین آنها می توانند از طریق انفجار ، برش هیدرولیکی یا آتش سوزی در زیر آب بریده شوند. برای آزاد سازی چنین مخازنی ابتدا باید آنها را به حلقه نجات خنثی محکم کرد تا ناگهان بلند شوند ، سپس آنها را آزاد کرد. اتصال طناب یدک‌کشی به مرکز چرخش مخزن، مانع چرخش آن در طول آزاد سازی و بلند شدن می شود، البته امکان دارد که به بدنه ، عرشه و مخزن آسیب وارد شود.

مخازن حلقه نجات موقتی روی ۱۰ عدد از سلول های پایانه های ساحلی پونت در کوینزلند استرالیا مورد استفاده قرار گرفت. در طول نصب آخرین سلول ، یک اتصال به سبب فرسایش باز شد. خوشبختانه این حادثه زمانی روی داد که ساختار تقریباً پایین به کف برخورد کرده بود و عواقب جدی در پی نداشت. ساختار توسط یدک کش ها و در موقعیت خود باقی ماند و توسط پمپاژ آب دریا سر جای خود مستحکم شد. تمام اتفاقات و شرایط در اتاق کنترل و بررسی می شود. با نزدیک شدن ساختار به کف دریا میزان سقوط کاهش یافته و آب می تواند فرار کند.

همکاران نایل دنتون شیوه های را ارائه دادند که در پایین آمده است :

۱- یدک کشها با آرایش ستاره ای : ۵m ± ،

۲- یدک کشها با آرایش ستاره با استفاده از لنگر روی آنها : ۴m + لنگرهای روی سازه که به لنگرهای پیش نصب شده کف دریا ختم می شوند : ۲m± .

۳- لنگرها روی ساختار صفحه می گردند که به لنگر های کف دریا ختم می شوند (همراه با سیستم گیره دار : ۱m ±.

۴- لنگر بر روی ساختار صفحه می گردد و به لنگر های دیگر ختم می شود (با استفاده از طنابهای کنترل بارج جرثقیل دار : ۰/۵m ±.

۵- لنگر بر روی ساختار صفحه می گردد و به لنگر های دیگر ختم می شود (همراه با طناب محکم عمودی متصل به الگوی بستر دریا : ۰/۵m±.

تمام کیسون های بتونی پایانه های ساحلی کوینیزلند استرالیا با فاصله ۰/۵m و با استفاده از لنگرهای روی صفحه نصب شدند (با طنابهای متصل به لنگرهای کف دریا یا کیسون جاسازی شده) . چنین فرآیندی نیز برای ۴ کیسون بتونی سکوی جزیره "تارسوئیت" در دریای بیوفورت به کار رفت.

در هنگام نشست ، پرچ های کف تا عمق مناسبی درخاک فرو می روند تا از حرکت جانبی کیسون جلوگیری کنند.فشارهای اتصال که از درجه ای روی پرچ تغییر می‌کنند، برای کنترل شدن خوانده می شوند. عمق‌یاب های قوی فرکانس بالا که متغیر کوتاهی دارند، فاصله بین کف دریا و صفحه پایه را نشان می دهند. حال ، تمام نواحی مورد نظر در این فرآیند جای گرفتند. این عمق‌یاب‌ها به گونه ای طراحی شدند که اگر به تخته سنگ برخورد کنند به هیچ وجه دچار خمیدگی نمی شوند و آن را به صورت جانبی در خاک جابجا می کنند. ریزش مصالح و استحکام سازی تا زمان دسترسی به نقطه نفوذ مورد نظر ادامه پیدا می کند.

میزان نفوذ اولیه کم و برابر با mm/h ۱۵۰ می باشد. این کار به سبب جلوگیری از ایجاد فشار زیاد در محفظه های موجود در نواحی و لوله کشی های بعدی است. پس از در بر گرفتن نواحی ، میزان نفوذ حدود m/h ۱ افزایش می یابد. در همین حال ، آب از محفظه های نواحی بیرون می زند. سرانجام ، نفوذ کامل صورت گرفته و سازه روی صفحه پایه یا نواحی بتنی و یا روی پایه های طراحی ادامه می دهد و مستقیماً روی پایه قرار می گیرد. مکان های بلند خاک تغییر کرده و حذف می شوند. حتی یک تخته سنگ صاف هم به داخل خاک برده می شود. به هر حال یک دانه شن هم امکان دارد مقاومت محلی بالایی داشته و روی صفحه بار زیادی به وجود آورد. سلول های فشار روی صفحه پایه و درجه های کشش به منظور کنترل واکنش پایه و صفحه به کار می روند.

اگر نواحی در زمان محکم شدن کامل ساختار به اندازه‌ی مورد نظر نفوذ نکنند ، آب موجود در محفظه ها تحت فشاری کوچک به داخل بدنه سازه نفوذ می کند. در این صورت ، افزایش نیروی مؤثر سبب نفوذ می شود. چنین فشارها و مقاوم سازی هایی سبب کنترل درست مرحله و درجه می شوند. در جه فشار نباید به حدی زیاد باشد که لوله کشی زیر محفظه ها را تکان دهد . در مورد سکوی " گولیفکس C " گفته می شود که محفظه های بتونی ۲۲ متری به داخل خاک های نرم نفوذ کردند. با کاهش فشار داخل سلول ها ، نیروی هدایت گر ضروری به وجود آمد. آزمایش میدان مقیاس بالایی انجام گرفت و تأثیر زیاد چرخنده های فشار داخلی را اثبات کرد. برای سکوهای دیگر در خاک های مشابه که نفوذ کل پایه ضروری است ، پیشنهاد می شود خاک ها را از داخل محفظه ها به وسیله پمپ ، وسایل دافع و یا توسط پل هوایی خارج کرد.

هنگامی که ساختار به داخل جایگزین خود نفوذ کند ، فضای باقیمانده زیر صفحه‌ی پایه پر شده تا از برابر بودن وضعیت خاک اطمینان حاصل شود. در بسیاری موارد برای پر کردن از بتن رقیق استفاده می شود.

برای کاهش فاصله و جلوگیری از دخول بتن به داخل شکاف های صخره و فرار آن از طریق فضاهای کوچک به دریا می توان به آن مخلوط تیکسوتروپیک اضافه کرد. به عنوان مثا ل تست‌های انجام شده روی سکوهای ساحلی استرالیا که بر روی صخره شکاف دار بودند نشان داد بتن معمولی بسیار سیال بوده و داخل صخره ها نفوذ کردند. اما با افزوده شدن تیکسوتروپیک به بتن، مقاومت آن در برابر سیل افزایش یافت.

بتن های به کار رفته برای زیر پایه باید همیشه زیر یک نوک خیلی پایین قرار گیرند تا مانع ایجاد راهگاه زیر محفظه ها و بلند شدن سلول شوند. استفاده از لوله تغذیه مصالح ثقلی از طریق یک ناودان باز در زمان بلندکردن به منظور غلبه بر نیروی هیدرواستاتیک Psi ۱۵ بهترین شیوه است. برای خارج سازی باید شرایطی ایجاد شود، اگر از پمپاژ استفاده شود باید با فشار کم و همراه با دریچه های مثبت باشد تا بتوان از ایجاد فشار بسیار زیاد جلوگیری کرد. زمانیکه فضای خلأ زیر پایه بسیار بزرگ باشد(مثلاً ۲m تا ۰/۵) (البته در بسیاری از نصب های دریای شمال این خلأ وجود دارد) ، در این صورت باید از گرمای اضافی هیدراسیون ناشی از ساخت در بتن زیر پایه جلوگیری کرد. برخی از تست های مربوط به ضخامت نشان داد که دما همرا با مخلوط سیمان معمولی به C ۱۰۰ افزایش یافته و کشش نامطلوبی را در صفحه پایه ایجاد می کند.

علاوه بر انتخاب مخلوطی با قدرت افزوده و دمای کم ، باید به دلایل و استدلال هایی نیز توجه کرد : به عنوان مثال ، با توجه به حرکت و شرایط دریا ، مواد چگونه ترکیب و مخلوط می شوند ، در برخی از موارد ترکیب کردن مواد می تواند روی عرشه سکو انجام شود ، راه حل دیگر این است که مواد خشک را از قبل باهم ترکیب کرد و بعد آنها را به جعبه های فولادی یا پلاستیکی ضد آب منتقل کرد. کمیت بتن زیر پایه معمولاً زیاد هستند. نصب زیر پایه m3 ۱۴۰۰۰ بر روی سکوی ELF-TCP2 ، ۹ روز طول کشید.

سرانجام هر نصب نیازمند ارزیابی می باشد . در برخی مواد به ضریب کمی از خاصیت ارتجاعی نیاز می باشد. همچنین میزان مقاومت پایه باید بسیار عالی باشد که ۱ تاMpa ۲ مقدار مناسبی می باشد.

میزان هواگیری باید کم باشد. مخلوط بتن زیر پایه طرفدارانی پیدا کرده است. این مخلوط متشکل از سیمان و آب دریا همراه با مخلوط کف کننده از قبیل سدیم یا سیلیلم و همچنین ترکیب های ثابت کننده و تاخیردهنده می باشد (۴ تا ۱۰ درصد این مخلوط را آب دریا تشکیل می دهد). این ترکیبات باعث بروز مشکلات شده و یک مخلوط ضریب پایین و کم دوامی را تشکیل می دهند که جریان پیدا کرده و حفره های زیر پایه را پر می کنند.

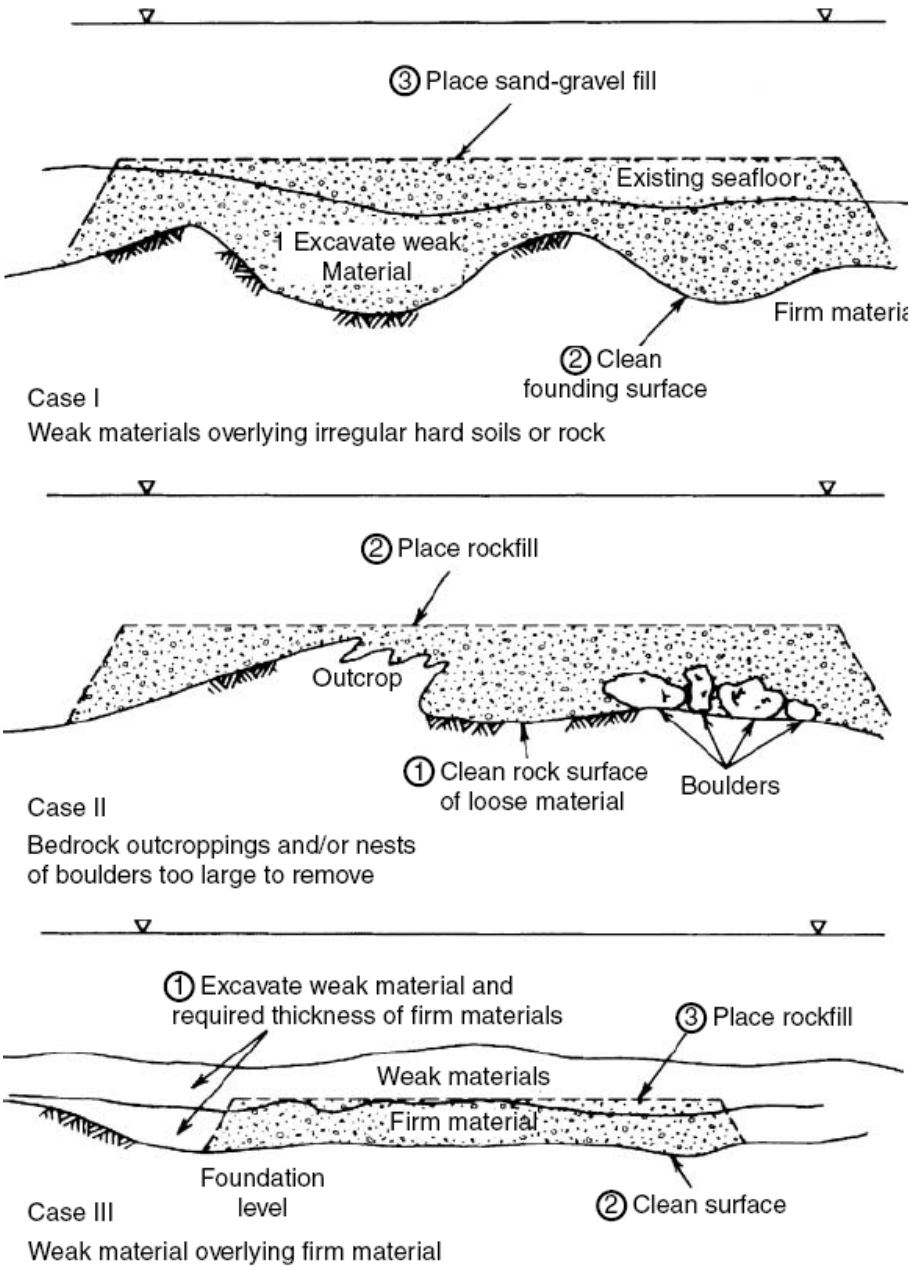
برای جعبه هایی که در آب‌های کم عمق قرار دارند یا جریان‌های زیر دریایی قوی از زیر آنها می گذرد، باید از بتن در برابر فرسایش محافظت کرد (هم بوسیله ی پوشش و هم به وسیله مواد سنگی ضد شستشو). بتن باید دارای استحکام زیاد بوده وسریع عمل آید. بتن های مبتنی بر سیمان برای پر کردن اختلاف زیر پایه ۶۶ دروازه موج شکن "اوستراشلد" و پایه پل "اورسوند" به کار رفتند. گفته می شود که باید از ترکیبات ضد شستشو استفاده کرد. در مواردی که سکو پایداری خود را از دست داده و شروع به حرکت می کند (به عنوان مثال ساختاری با زیر پایه متخلخل در قطب شمال) با افزودن مقداری ماسه به مخلوط می توان فضاهای خلاء را پر کرد. این محلول رقیق شنی از طریق لوله ها به صورت داخلی یا خارجی جریان می یابد و میزان خمیدگی آن کم است . خمیدگیهای ضروری باید دارای شعاع ها بزرگ باشند. شن تمایل دارد از حالت تعلیق خارج شود و سدی کوچک بسازد. در این صورت میزان فشار کمی افزایش پیدا کرده و جوی کوچکی از مایه رقیق شنی آشکار می شود که پرکردگی جدید و در نهایت سد جدیدی به وجود می آورد. فاصله گذاری نقاط تخلیه معمولاً ۳ تا ۵ متر از مرکز است (عمق خلأ زیر پایهcm ۳ فرض شده است).

شیوه های مایع شنی توسط ۲ مهندس دانمارکی و هلندی به منظور استفاده در لوله های فرورفته در آب و ساخت بندرگاه توسعه یافتند. همچنین این شیوه ها با موفقیت برای محفظه های حفاری اکتشافی به کار رفتند. در تمام موارد مربوط به پرکردن زیر پایه (به وسیله بتن یا شن) ، ارتفاع پایه ها باید کم و خوب تنظیم شده باشد تا بتوانند جلوی بلند شدن سازه را که ناشی از افزایش فشار است بگیرند.

عنوان بعدی حفاظت در برابر شستشو است. محفظه هایی که دارای قدرت نفوذ هستند وسیله ای برای حفاظت در برابر شستشو می باشند. به هر حال ، به سبب شرایط خاک یا محدودیت های ساخت این شیوه همیشه عملی نیست.

در زمان تخلیه از یک بارج حمل سنگ ، سنگ ها در اطراف محفظه پراکنده می شوند. این روش توسط پیمانکاران هلندی به منظور پوشش لوله کشی های زیر دریای شمال به وجود آمد. تلمبار و پراکندگی غیر قابل کنترل از قایق ها سبب آسیب بسیاری به پایه های بتونی موج شکن اوستراشلد شد.

در خاک های شنی وجود یک بافت صاف و پالایش شده سنگ ریز خوب و درست است ، زیرا از نفوذ شن به دخال ترک‌های سنگ جلوگیری می‌کند. این بافت ها به لبه صفحه پایه متصل شده و در طول کناره‌های دیواره های پایینی پیچ می خورند. همچنین این بافت ها پس از نشست ، بریده شده و به صورت شعاعی از پایه پخش می شوند. به منظور حفظ لبه های بیرونی آن ، غواصان کیسه های شنی روی آنها قرار داده و یا یک میله فولادی را از وسط آنها عبور داده و محکم در شن فرو می کنند. این فرآیند بر روی "کیسون اکوفیسک" انجام شد.سپس آن بافت صاف توسط توده‌ی سنگ پوشیده شد. مدت کوتاهی پس از انجام کار ، ساختار با توفان بزرگی مواجه شد. خوشبختانه حفاظت شستشو مؤثر بود.(شکل۳-۳۵)



شکل۳-۳۵: سنگ های پر کننده‌ی بستر برای سکوهای با پی وزنی

بافت صاف مورد استفاده باید با سیم‌های فولادی ضد زنگ و یا نایلون به خوبی تقویت و محکم شود. چنین بافت محکمی همراه با یک بافت توری محکم تر در ساختمان های ساحلی هلند مورد استفاده قرار گرفت.

توده های سنگ در مکان هایی که دارای لوازم مکانیکی بوده و نزدیک پایه یا مجاورت سکو قرار گرفتند عملی و مؤثر نیستند. اعمال و فعالیت های دیگری را که باید طی این چند ماه حساس و مهم انجام گیرند به خاطر بسپارید . البته ، اولین تلاش باید حفاری چاه باشد.

بنابراین ، یک راه حل قرار دادن کف پوش‌های پیش ساخته با بافت صاف تقویت شده روی بلوک های بتونی متصل شده می باشد. چنین کف پوش هایی می توانند به وسیله بارج جرثقیل دار و با استفاده از تیرهای پخش کننده روی سطح مورد نظر قرار گیرند.

به منظور استفاده آسانتر، کف پوش‌های بزرگ دسته شده و روی یک بارج قرار گرفته شده است. از این کف پوش‌ها بمنظور حفاظت از کیسون یک پایانه ساحلی در برابر شستشو در کوئینزلند استرالیا استفاده شدند و در برابریک طوفان شدید با موفقیت عمل کردند. چنین کف پوشهایی می توانند به اطراف پایه GBS متصل شوند و در طول کناره ها به مدت طولانی باقی بمانند. این کف پوش‌ها پس از نشست GBS می توانند بریده شده و با استفاده از بارج و جرثقیل در کف دریا قرار گیرند. گفته می شود چنین کف پوش‌هایی حرکت دریا را در طول یک سفر دریایی طولانی نمی توانند تحمل کنند ، از این رو در محل نصب نهایی متصل می شوند. این کف پوش‌ها برای استفاده در قطب شمال بسیار مناسب بوده و در طول مدت زمان انتظار برای پاک شده سطح محل نصب از یخ متصل بودند.

کفپوش‌های کیسون بتنی مقاوم از قبیل آنهایی که برای محافظت جزایر قطب شمال به کار رفتند ، به منظور کاربرد روی سازه‌ی کیسون بتنی بزرگ قطب شمال نیز مورد استفاده قرار گرفتند. آنها به روی عرشه ساختار منتقل می شوند. در زمان ورود ، آنها به پایه متصل شده و بر روی خاک اطراف قرار گرفتند.

مرحله ۱۵- نصب راهنما ها

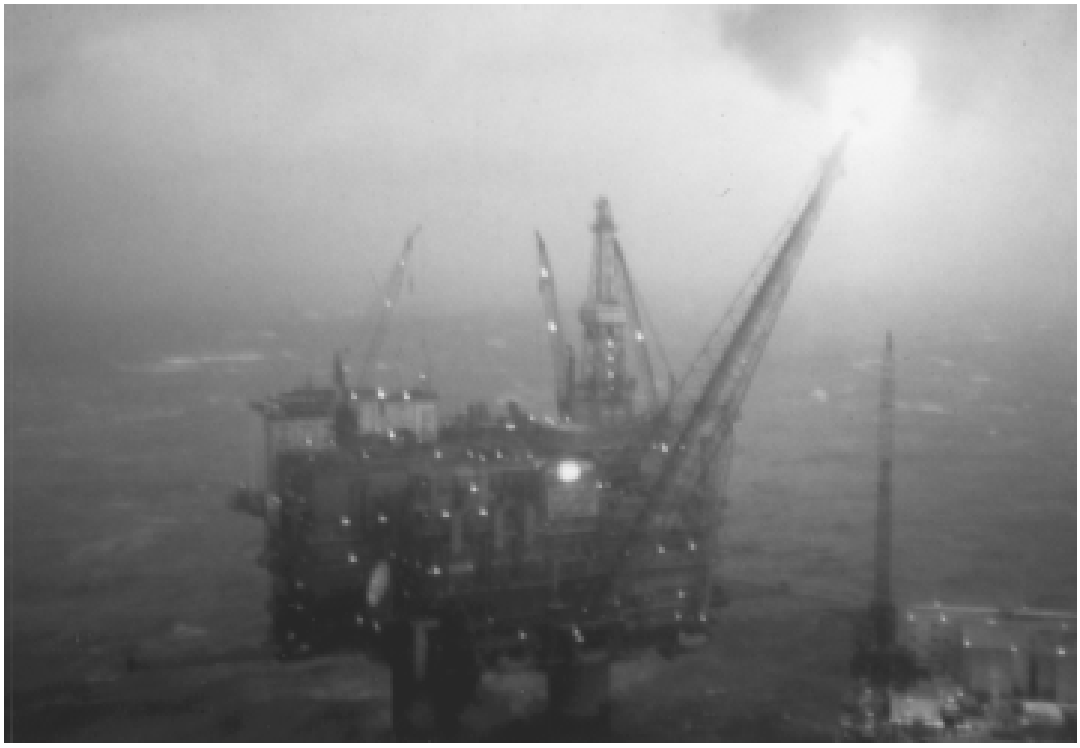
عمل اجرایی آخر نصب راهنما هاست که معمولاً با ساختار GBS منتقل شده و در مکان راهنما قرار می گیرند. در یک پایه سکوی معمولی ، روکش های آببند با بتن در صفحه پایه محکم شده و در طی انتقال جلوی ورود آب را می گیرند. به منظور انتقال و پیوست این آببند ها از روکش های دریچه ای نئوپرن تقویت شده استفاده می شود، اما گفته می شود که بیشتر دریچه ها یک سرپوش ۱/۵ تا ۲ متری از بتن تقویت شده هستند که توسط مته سوراخ می شوند.

روکش های راهنما ها که به صفحه پایین نفوذ می کنند به منظور جلوگیری از وقوع نقص یا شکست در برش از نوارهای برش مکانیکی داخلی و خارجی استفاده می کنند. اما این امر نیز سبب بروز نقص در سکو در طول یدک‌کشی می شود. پس از سوراخ کردن روکش ها ، سطح سوراخ کننده مته باید با سطح آب بیرونی برابر شود. زمانیکه مته نفوذ می کند ، هرگونه اختلاف و تغییر مهم سبب حرکت خاک های پایه و یا پخش آن به خارج می شود.

در مورد "بریل A " گفته می شود زمانیکه درون سر حدود ۱۵ متر پمپاژ شد تا آماده نصب لوازم در سلول های مجاور گردد ، به محض نفوذ مته چند صد متر مربع از خاک بر روی میله وارد شد. بنابراین لوله گذاری از پایین سلول های بیرونی انجام شد. بنابراین پرکرن درست و مناسب فقط به وسیله بتن کاری زیاد زیر پایه و فیلتر خارجی به علاوه محافظت از سنگ انجام شد.

در ساختار های بعدی ، محفظه های اطراف ستون حفاری شده به خوبی محافظت شدند و سطوح آب در طول عمل حفاری متعادل نگه داشته شدند. محفظه های اطراف ستون حفاری شده سبب محدود ساختن این عمل و در نتیجه کاهش پخش گل و خاک به داخل فضاهای خلأ مجاور می شوند.

حال راهنما ها به سمت محل نفوذ مورد نظر هدایت شده و به سمت پایین می روند که پس از آن لوله سطح عمل کرده و چاله ها سوراخ می شوند. فاصله و فضای بین چاله و لوله و راهنما ها با سیمان پر می شود. این چاه ها آزاد بوده و می توانند به صورت مستقل از ساختار به صورت عمودی حرکت کنند. شکل ۳-۳۶ سکوی" استات فورت A " با پی وزنی را نشان می دهد.



شکل ۳-۳۶: سکوی استات فورتA

۳-۲-۲ بالا بردن کیسون – تعامل پایه

در مکان های دارای خاک ضعیف ، تقویت انتقال نیروی برشی از پایه به فنداسیون بسیار ضروری است، زیرا این کار مانع لغزیدن ساختار می شود.این تقویت در سکوهای قطب شمال دیده می شود زیرا آنها باید در برابر نیروهای جانبی یخ مقاومت کنند، اما به سبب محدودیت های انتقال محفظه‌ها، قابل اجرا نمی باشند. تیر پایه برای سیستم متحرک قطب شمال سوهیو (SAMS) مناسب هستند. این تیرها پس از ساختن سکو به کار می روند. از طریق روکش های فولادی برای در بر گرفتن خاک های محکم از قبیل خاک های متراکم دارای یخ در برخی از اعماق پایین تر از کف دریا هدایت می شوند. قطر یک تیر پایه معمولاً ۲ تا ۲/۵ متر و ضخامت دیواره۱۰۰ متر می باشد. این نوع بیلچه ها برای نفوذ تا عمق ۱۲ متری طراحی شدند.

۱۰ تا ۲۰ عدد از چنین پایه هایی برای ساخت یک سکو مناسب هستند. طرز بالا رفتن پایه ها مانند جک است. دریچه داخلی می تواند توسط کلاهک که به کناره های بیلچه متصل هستند سوراخ شوند. همچنین این تیرها می توانند با یک کوبنده‌ی ارتعاشی بزرگ یا کوبنده‌ی فشار هوا یا حتی دیزلی عمل کنند. میزان نفوذ خیلی کم است ، از این رو زمان نصب نیز باید حداقل باشد.

اگر بدلیل جابجایی سکو و قراردادن آن در محلی دیگر، نیاز به برداشتن آن داشته باشیم(شکل ۳-۳۷)، پایه ها با استفاده از فرآیند های ذیل بیرون کشیده شوند :

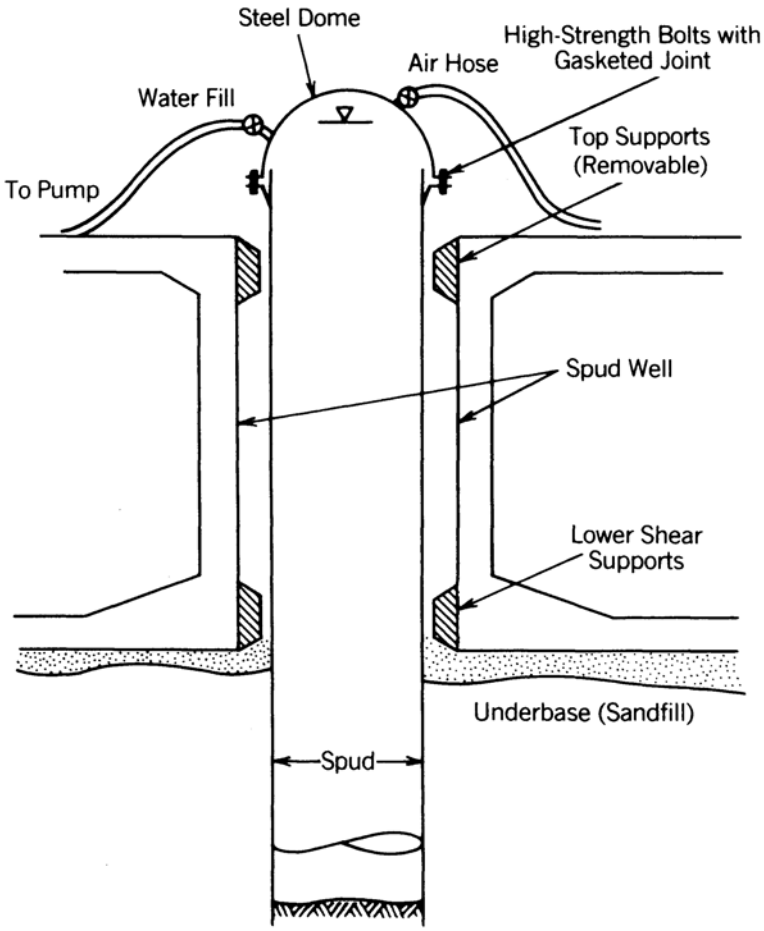
۱- اگر نگران یخ زدن پایه ها توسط لایه های منجمد زمین هستید ، هر دریچه ای را که در زمین باقیمانده خارج کنید و سپس به منظور گرم کردن آب از بخار استفاده کنید.

۲- پشتیبانی نوک پایه ها را رها نمایید.

۳- تاحد امکان سطح آب داخل پایه را بالا ببرید ، یعنی بالاتر از سطح دریا. این کار سبب افزایش فشار منافذ در خاک مجاور می شود.

۴- با استفاده از جک های فعال یا کوبنده های ارتعاشی، ستون های پایه برای جدا شدن از بستر ، سست می شوند.

۵- می توانید برای این کار از یک شیوه جایگزین مناسب استفاده کرده و برای بلند کردن پایه، فشار آب قوی به کار برید. از آنجا که تغییر مکان سکو یک عمل برنامه ریزی شده است، سرپوش ها در طول زمان می توانند به هم متصل شوند و جوش خورند. اتصال سرپوش ها معمولاً توسط چفت های بسیار قوی صورت می گیرد.



شکل ۳-۳۷ : پایه قابل برداشت

اگر پایه به صورت بسیار بدی خم شود یا تغییر شکل دهد، تا حدی که قابل استفاده نباشد، در این صورت یک غواص می تواند به درون آب گرم داخل پایه برود و پایه را برش دهد. چنین خمیدگی و تغییر شکلی معمولاً در مناطق قابل دید رخ داده و برای برش زمان کافی وجود دارد. پایه های آسیب دیده پایانه ساحلی خلیج کوک در آلاسکا به همین صورت بریده شد. پایه ها در نواحی زلزله خیز نیز که انتقال برش به خاک های فنداسیون ضروری است، می توانند به کار روند ، با این وجود تراکم ساختار محدود است، از این رو امکان دارد بین خاک و پایه سایش نامناسب ایجاد شود.

تراکم، نیروهای ارتعاشی را کاهش می دهد. همچنین ، از پایه ها می توان برای افزایش مقاومت فشاری استفاده کرد. پایه ها بار عمودی را انتقال نمی دهند ، بنابراین کیسون می تواند ساکن شود. وزن آن روی خاک سبب افزایش مقاومت منفعل خاک شده که بر پایه ها عمل کرده و در نتیجه باعث افزایش کارایی پایه می شود. بنابراین سود و مزیت کامل پی سازی مستقیم حفظ می شود. میله های مقاوم سوراخ شده و به خاک های فنداسیون محکم شدند تا بتوانند مخزن ذخیره نفت بزرگ زیر آب را نگه دارند. از محفظه ها نیز برای ذخیره نفت و ساختار های دارای خاک ضعیف استفاده می شود. در بندر دبی درخلیج فارس با استفاده از این ستون ها و عملیات حفاری و بتن ریزی، ۳ مخزن بزرگ ذخیره‌ی نفت بطور ثابت نگهداشته شد. از آنجا که این محفظه ها در برابر تماس با آتش مقاوم هستند ، از نظر اقتصادی مقرون به صرفه می باشند.

زمانیکه از روکش ها استفاده می شود، باید بارهای آن را به سازه منتقل کرد که این کار با تزریق بتن داخل روکش ها امکان پذیر است. برای این کار نیاز به روکش‌های بلند ۲۰ تا ۳۰ متری است. هرچند استفاده از شیار یا تیرچه انتقال برش مکانیکی ارتفاع مجاز را کاهش می دهند .

دامنه ها برای افزایش ظرفیت پشتیبانی سازه نیز مورد استفاده قرار می گیرند. به عنوان مثال ، در "سکوی ترول" روکش ۳۵ متری به کار رفت که در عمق ۳۰۰ متری آب به خاک های سطحی بسیار نرم واقع شده است. این دامنه ها برای ایجاد سایش و قطع اتصال با خاک طراحی شدند . چنین شیوه ای برای ساخت در سکو "ناروارین" در دریای برینگ به کار گرفته شد

گاهی اوقات نفوذ تنها بوسیله متعادل ساختن آب حاصل می شود(از طریق خارج کرده آب و رسوب‌های نیمه سیال وارد شده به دامنه). این کار سبب کاهش فشار آب داخل محفظه شده و فشارهیدرواستاتیکی محدود شده که روی سطوح افقی عمل می کرده و ساختار را به پایین فشار می دهد.

می توان از شیوه های به کار رفته برای موج شکن ها و پل ها که قبلاً بیان شده استفاده کرد (یعنی زدودن خاک از زیر پایه و یا افزایش وزن بوسیله متعادل ساختن یا فشار زیاد). به منظور دفع مواد از دامنه ها باید یک سیستم مکنده در داخل ساختار نصب شود. سپس به منظور تخلیه ، مواد از روی پایه پمپاژ می شوند. به منظور جلوگیری از زهکشی تحت فشار های قوی باید در داخل محفظه ها فضای خلأ ایجاد کرد. این فشار های قوی در نتیجه عدم تعادل جریان به وجود می آیند. در خاک های ضعیف از قبیل خاک های رس، افزایش وزن باید به دقت انجام شود تا جلوی شکست‌های ناگهانی کف بستر گرفته شود. دفع مواد از زیر زمین بهترین روش برای دامنه ها و یا سلول‌های دارای کف باز که در سطح پایینی قرار می گیرند است. برای شکستن و تفکیک خاک باید از ایرلیفت یا جتینگ استفاده کرد.

یک روکش باز می تواند جایگزینی برای مکنده ها باشد . این روکش از طریق پوشش کلاهک به ساختار پایه متصل می شود و یک پمپ لایروب قابل حمل به پایین برده می شود تا مواد را از محفظه های قرار گرفته در زیر پایه خارج سازد. در محیط اطراف شیرهای بیرونی نصب می کنند تا در زمان نفوذ به خاک یا آب، روغن کاری شوند.

شیوه های دیگری نیز در رابطه با تعامل سازه – فنداسیون پیشنهاد شده است. این شیوه ها در مکان هایی که نیروهای جانبی ، عمق آب و میزان تعلیق زیاد است مفید و مناسب هستند.

۱) در آب های نسبتاً کم عمق ، می توان با لایروب های مکنده قبل از ورود سازه، خاک ها را خارج کرد. به یاد داشته باشید که این کار سبب افزایش عمق ساختار و در نتیجه وزن و هزینه آن می شود.

۲) پس از لایروبی کردن که در مورد ۱ بیان شد ، می توان حفره ها را با شن یا ماسه پر کرد. چنین خاک‌های پرشده ای باید انسجام کافی نشست و افزایش نیرو را در برش اتصال دارا باشند. در صورت لزوم به وسیله فشرده سازی دینامیک آن را پر تراکم ساخت.

۳) زیر ناحیه‌ی پایه، لوله های تخلیه نصب می شود. این لوله ها خاک های ضعیف و رسی را قادر به تخلیه در زمان اتصال ساختار به سطح کف می سازند. اول از همه باید پوششی از مواد فاقد زهکشی روی سطح قرار گیرد تا موقعیت فرار آب های خرج شده از زمین را فراهم آورده، نصب لوله های تخلیه توسط تجهیزات نصب شده روی عرشه و در جلوی کیسون و یا اینکه توسط خود کیسون پس از پی ریزی انجام می شود. لایروبی به عنوان وسیله ای برای ایجاد انسجام به زمان وابسته است. برای استحکام سازی کامل و ایجاد مقاومت زاید به چند ماه وقت نیاز است. البته این شیوه برای برخی از مناطق قطبی و زیرمجموعه‌های آن مناسب است. در این مناطق ظرفیت یا تاریخ ۳ تا ۵ ماه پس از نصب به حداکثر خود می رسد.

۴) در دوره ای قبل از شروع نصب، محل مورد نظر را خاکریزی می کنند. در این زمان GBS(بستر وزنی) ساخته می شود. اگر این خاکریزها به منطقه‌های بزرگ تر از مکان سازه تجاوز کند ، در این صورت باریکه خاک را مستحکم تر ساخته، مقاومت برشی آن ها را افزایش داده و سبب ایجاد مقاومت در برابر شکست در بستر کف می شوند. البته ، باریکه سنگ های بیرونی نیز می توانند پس از پی ریزی سلول ها نصب شوند تا مقاومت مؤثر و کارای خاکها را در برابر لغزش و نقص اتصال افزایش دهند.

۵) توده های شنی و سنگی در یک فضای کم به طرف پایین منطقه ای که سازه در آن قرار می گیرد، هدایت می شوند. چنین توده شن هایی (اگر خلأ و فاصله بسیار کمی داشته باشند) در ایجاد مقاومت برش و اتصال مستقیم بسیار مؤثر هستند . اگر در کف دریا پوششی از ماده متخلخل قرار گیرد و ظرفیت ساختار تحمیل شود ، در این صورت توده های شنی مثل یک لوله زهکشی عمل می کنند.

۶) شن های آزاد و روان بوسیله تراکم سازی ارتعاشی پرتراکم می شوند. بخشی وسیعی از این نوع عملکرد برای مقاوم سازی فنداسیون ۶۶ ستون موج شکن اوستر شلد در هلند انجام گرفت. بیلچه های چندکاره با قطر ۱ متری برای لرزاندن و خارج کردن مواد داخل عمق ۲۰ متری خاک شدند. پس از آن لرزش های افقی و عمودی شدیدی صورت گرفت.

۷) برای خاک‌ها تزریق بتن پر فشار توصیه می شود. تزریق پرفشار دوغاب سیمان سبب شکستگی خاک و نفوذ ذرات بتن به داخل خاک می شود.

۸) توده های کوچک بتن ، فولاد و یا حتی چوب به سمت فضای تقریباً بسته هدایت شده ، خاک را منسجم ساخته و آن را در برابر برش مقاوم می سازند. سر این توده ها باید در بستر دریا و یا پایین تر از آن بوده و با یک متر سنگ پوشیده شوند.

۹) به منظور پوشاندن سنگ ریزه ها و یا بسترهای صخره‌ای نامنظم از پوشش سنگی استفاده می کنند که به صورت یک پوشش متراکم و سخت است. به این ترتیب سازه با بستر وزنی دارای حالتی یکسان می گردد. این فرآیند برای سطوح صخره ای نامنظم نیز که توسط مواد قابل فشرده و نرم پاک شده‌اند به کار می رود. انسجام چنین پرشدگی هایی که در زیر دریا صورت می گیرد بوسیله فشردگی و یا روپوشانی توده سنگ های شکسته شده حاصل می شود.

۳-۲-۳ ساخت زیر پایه

در نصب برخی از سکوهای با بستر وزنی پیشنهاد می شود که ساختار را در ۲ نیمه نصب شود، یعنی ابتدا سازه‌ی پایه نصب شده ، سپس سکو را روی آن قرار دهیم. این نوع روش در مکان هایی به کار گرفته می شود که آرایش طرح مورد نظر محدود است.

سازه‌ی پایه در طرح خیلی بزرگ به نظر می رسد ، اما به هنگام نصب پایین تر از سطح دریا قرار می گیرد. باید در طول مدت نصب میزان ثابت را نیز در نظر گرفت. زیر پایه در کف دریا پوشیده می شود. با این حال این کار سبب ایجاد فشار بسیار در ساختار و تغییر شکل بستر دریا می شود. پیشنهاد می شود روی سطح دریا از ستون های شناوری موقتی استفاده شود . این ستون ها سبب کنترل موقعیت و جهت و همچنین ایجاد ثبات در طول نصب می شوند.

زمانیکه زیر پایه در کف دریا قرار گرفت ، سکو روی آن نصب می شود . ستون های شناوری موقتی اگر به درستی در محل قرار گیرند، می توانند موقعیت یابی سکو را به درستی هدایت کنند. بنابراین سکو به درستی می تواند در جای خود قرار گیرد و مقاوم سازی شود.

به منظور محافظت و ایجاد تعادل بین سازه سکو و پایه باید به نکاتی توجه کرد: اگر این نوع نصب دائمی باشد، در این صورت صفحات پلی اورتان باید در ۳ یا ۴ نقطه اطراف محل نصب قرار گیرند و بتن در زیر پایه برای اتصال دائمی تزریق شود. ماده دیگری که می تواند برای پر کردن نقاط اتصال افقی بین واحدها به کار رود قیر کائوچویی یا آسفالت است . این ماده روی سوپر سکوهای CIDS و بین ۳ بخش سازه استفاده شد. این قیر به هنگام استفاده نیمه پلاستیکی بود اما پس از قرار گرفتن روی سطح و در اثر تماس با دمای پایین قطب سخت و محکم شد. شن و ماسه، ماده ی پی ریزی مناسبی برای قرار گرفتن روی پایه هستند.

در این صورت مصالح باید به دقت به سطوح مالیده شده و قبل از فرورفتن در آب متراکم شود. اگر سیمان اندودی قبل از عمل فرورفتگی در آب صورت گیرد ، باید از ثابت بودن دوغاب، شن یا ماسه و عدم جابجایی آن توسط امواج اطمینان حاصل شود. پس از آن که پایه توسط میله ها در زمین قرار گرفته ، می توان قیف‌های اتصال عمودی را به آنها اضافه کرد.

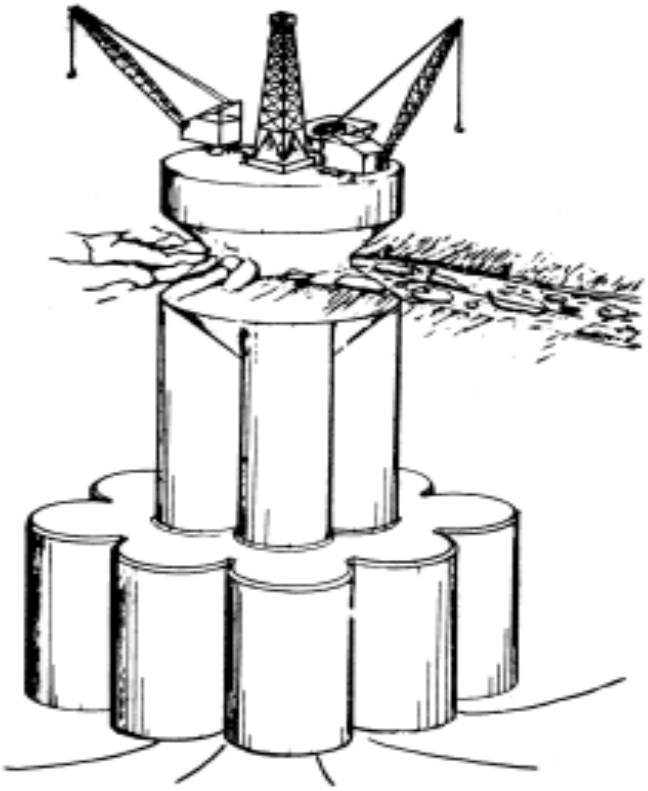
به منظور ایجاد مقاومت مؤثر بر جابجایی می توان در محیط پیرامون سازه‌ی سکو ،لبه هایی ایجاد کرد. این لبه ها از سکو دراز می شوند . ستون های پایه ای یا بیلچه های فولادی لوله مانند می توانند از طریق غلاف به هر ۲ بخش وارد شده و توسط شن یا بتن فشرده شوند. البته این کار بستگی به موقتی یا دائمی بودن نصب دارد.

۳-۲-٤ سکو قابل انتقال

برخی از سکوهای با بستر وزنی برای استفاده به عنوان ساختارهای نفوذگر اکتشافی طراحی شدند. این ساختارها دارای مزیت راحتی می باشد زیرا در آنها ساختار ها از پایه پی ریزی شده از خاک رها شود ، برای یدک کشی، استحکام زدایی شده و دوباره در مکان جدید نصب می شوند. در آب‌های کم عمیق ، این نوع ساختارها برای اکتشاف بسیار جالب هستند. هر ۲ ساختار CIDS و SSDC چندین بار تغییر مکان داده شدند. بهتر است سکوهای دائمی ساحلی پس از پایان عمر مفید خود از بین بروند.

۳-۳ سازه های شناور قطبی

برای آبهای عمیق ، سازه های شناور به طور ثابت و موقتی توسط لنگر ها با ظرفیت بالا مهار می شوند. این سازه ها عموماً به سازه های کیسونی شبیه بوده و با فولاد ، بتن و یا ترکیبی از این دو نوع ساخته می شود . سکوی حفاری اکتشافی "Kulluk " برای کارکرد در دریاهای یخی آرام طراحی شده ، که یک مخروط وارونه شناور است تا یخ ها را شکسته و یخ های پایین را منحرف نماید . این سازه ها از فولاد ساخته شده ، یک طرح اولیه مبنی بر پایه بتنی گسترده شده دارد . فعالیت سکوی Kulluk در فصل حفاری خودش تا ابتدای دسامبر به طور موفقیت آمیز ادامه یافت. یک سازه لوله ای بتن برای بستر Navarin در دریای Bering طراحی شده بود ، یخ بالا و پایین خط آبخور آن نیز شکسته شده بود . (شکل ۳-۳۸)



شکل ۳-۳۸ : سکوی دکلی شناور در نواحی قطبی

این سازه با شیار های غیر متمرکز بیش از ۱۰ تا ۱۵ m برای مناطق تابع قطبی طراحی شده بود . برای شرایط یخبندان با شدت کمتر ، اسکلت های کشتی مانند با برج های مهار پیشنهاد شده بود . این ها برای جابجایی یخ در تغییرات آب و هوایی طراحی شده اند . سیستم پیشرانه ممکن است برای بهینه کردن این چرخش ها و تامین آنها در برابر باد ، جریانات و یخ نصب شوند . قسمت سینه سکو معمولاً پهن تر از بدنه می باشد تا به شکستن یخ ها کمک نماید .

کناره بدنه ممکن است برای شکستن یخ های خارجی به صورت شیبدار و به بیرون باشد. مشکل اصلی برای تمام سازه های شناور، طراحی ظرفیت بالای ابزار مهار و لنگر ها است ، از این رو نیرو های سراسری در یخ های سنگین همیشه بزرگ تر از نیرو های امواج در اکثر موقعیت های دریای شمال می باشد.

.

فصل چهارم : عملیات و تجهیزات

٤-١ بتن ریزی و دوغاب پاشی زیر آب

کلیات : بتن و دوغاب زیر آب نقش مهمی در سازه های فراساحل بازی می کنند . بتن زیر آب ممکن است در شکل های مختلفی در خود سازه استفاده شود. اغلب اوقات بلوک سیمانی در پای ستون برای سازه ها استفاده می گردد. همچنین ممکن است به عنوان اتصال دو بخشی در وضعیت کامپوزیتی به کار رود. به عنوان مثال : اتصال شمع به پای ستون و همچنین بخش بالایی سازه ، همچنین بتن زیر آب ممکن است برای قطعات بالاست افزاینده وزن و یا پایین آوردن مرکز گرانشی استفاده گردد . همچنین برای پرکردن زیر بستر یک سکوی وزنی برای به دست آوردن تکه گاه یکنواخت استفاده می گردد .

بتن زیر آب ممکن است در شمع ها و یا کیسون ها قرار داده شود تا استحکام سازه ای را افزایش داده و از کمانش جلوگیری کند .

دوغاب سیمان زیر آب هم برای اهداف گفته شده در بالا استفاده می شود. از این رو، از لحاظ طبقه بندی در ساخت فرقی با هم نمی کنند. همچنین دوغاب سیمان برای اتصال شمع ها به پایه های جکت‌ها استفاده می گردد. سیمان پوشش خوبی بوده ، فضاهای کوچک بین اجزا را پر می کند تا پیوستگی و اتصال سازه ای را ارائه دهد . همچنین خلل و فرج در سنگ ها و مصالح سنگی قرار داده شده را پر می کند .

٤-١-١ ترکیبات بتنی زیر آب

بتن زیر آب باید با گسترش پلاستیک ، قابلیت عمل آوری زیاد و چسبندگی ترکیب متناسب بوده، میل به تفکیک ذرات آن را نداشته باشد. برای اکثر اهداف سازه ای، ترکیبات در زیر آمده مناسب هستند :

مصالح درشت دانه : نخاله با اندازه حداکثر ۲۰ mm حدود ۵۰ تا ۵۵ درصد کل وزن توده را در بر می گیرد. برای مناطق فشرده از مصالح با اندازه حداکثر ۱۰ mm استفاده می گردد .

مصالح ریز دانه : شن (ماسه) ، ۴۵ تا ۵۰ درصد وزن توده را در بر می گیرد .

سیمان : نوع ASTM II ، ۳۵۰ kg/m^3

پوزولان : نوع ASTM616 , C , F , N : ۶۰ kg/m^3

نرخ مواد سیمانی مایع : (W/Cm) مخلوط افزوده به آب ۴۲٪ (دارای مزیت نرم کنندگی می باشد): از نرم کننده های سوپر به استثنای موارد خاص استفاده نمی شود و اما از تاخیر دهنده ها استفاده می شود.

ترکیبات تاخیری : که زمان سفت شدن ملات را ۶ تا ۲۴ ساعت افزایش می دهد ، به کار می رود .

نشست : ۱۶۰ mm ± ۱۵ mm

این ترکیب به طور گسترده ای با فشار حدود ۴۰ MPa در ۲۸ روز فشرده خواهد شد . (فشار سیلندری) این ها معمولاً در یک سطح شیب دار با شیب ۶:۱ یا ۸:۱ جریان می یابند و اگر به طور صحیح قرار گیرند ، باید کمترین تفکیک ذرات بتن و حباب درون بتن را داشته باشند . این برای قرار گیری در خلل و فرج کوچکتر از قطر ۳۰۰ mm مناسب بوده و می تواند برای کیسون های بزرگ و پایه های پل استفاده شود .

برای استحکام بیشتر و چسبندگی بهتر ، فوم سیلکا ممکن است به نسبت ٪۵ تا ٪۶ وزن سیمان افزوده شود. بنابراین در این مورد ، استفاده از نرم کننده های سوپر به طور تنها یا ترکیب با مخلوط افزاینده آب متداول ضروری است. تاخیردهنده کافی باید اضافه شود تا زمان اولیه قرارگیری ، مدت کافی (حدود ۶ ساعت) به دست آید تا سفت شدن پیش از موعد رخ ندهد .

در جاهایی که به دست آوردن یک سطح مسطح و با کمترین و یا بدون حباب در بتن ، می توان ترکیبات ضد آب بردگی (AntiWashout Admixture) افزوده شود . AWA نباید در ترکیب با فوم سیلیکا استفاده شود ، زیرا این ممکن است به سفت شدن بیش از حد ترکیب منجر شود . برای ریزش های خیلی درشت از مصالح درشت دانه استفاده می شود که به دلیل احتیاج داشتن به نسبت بالای شن ، خیلی اقتصادی نشان نمی دهد و برای بتن ریزی های کوچکتر ممکن است مصالح درشت دانه کاهش اندازه داده و در حدود mm ۱۰ استفاده شود .

ترکیب پایه پیشنهاد شده در بالا ، در یک گرمای هیدراسیون نسبتاً مناسب (در حدود ۳۵ درجه سانتی بالا تر از دمای محیط) گسترش خواهد یافت که به اندازه محل قرارگیری وابسته بوده و به انبساط حرارتی و امکان ترک خوردگی در طی سرد شدن ثانویه منجر می شود . روش های مختلفی برای کاهش افزایش دما در دسترس می باشد .

استفاده در موارد ویژه توجیه شده است . در پایین یک لیست از موادی که به کار می روند آمده است.(آنها نباید لزوماً ترکیب شوند) :

۱) انتخاب ترکیب ها با ضریب حرارتی بزرگ همسان ، نیازمند گرمای بیشتری در هر درجه افزایش دما است.

۲) استفاده از سر باره کوره بلند / سیمان به نسبت ۷۰ به ۳۰ تا گرمای تولیدی کاهیده شود . سر باره باید به طور درست پودر شده باشد . (۳۸۰۰ cm^2/g) بدون افزودن سنگ گچ .

۳) افزایش درصد پوزولاین (خاکستر بادی) ، جایگزین شده به جای درصدی از سیمان . آزمایشات جدید نشان می‌دهد که این درصد ممکن است در بتن های غرقه شده یا بتن تقویت نشده تا ۵۰٪ افزایش یابد.

۴) استفاده از پودر سنگ آهک جایگزین شده به جای درصدی از سیمان .

۵) سرد کردن اولیه توده توسط اسپری آب و استفاده از یخ مخلوط در آب یا بوسیله نیتروژن مایع .

۶) سرد کردن ترکیب با پاشش نیتروژن مایع .

۷) تقسیم بندی ریزش مخلوط تا اندازه بلوک های تکی کاهش یابد .

از آنجایی که ترکیبات مختلف ، مانند پوزولاین رفتار های متفاوتی با سیمان های مختلف و ترکیبات گوناگون دارند ، آزمایشات دستی با مقیاس مختلف باید انجام گیرد تا این نتیجه را که ترکیب قابل کاربرد بوده و درجه بالایی چسبندگی را دارا است و تمایل به تفکیک ذرات ندارد را ارائه دهد.(شکل۴-۱) .

شکل ۴-۱: آزمایشات دستی بتن با مقیاس مختلف

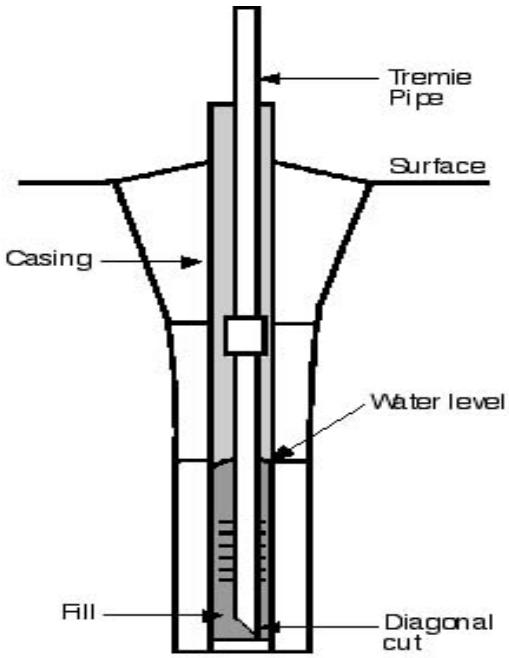
٤-١-٢ قرار دادن لوله انتقال بتن

قرار گیری لوله انتقال بتن در میان یک لوله انجام می گیرد . معمولاً لوله باید ۸ تا ۱۰ برابر بزرگتر از اندازه مصالح درشت دانه باشد . برای جایگذاری قطر لوله معمولاً باید ۲۰۰ تا ۳۰۰ mm باشد . اول ممکن است قطعه قطعه بوده ، اما اتصالات باید فلنجی بوده و عمود بر هم باشد و یک واشر لاستیکی نرم یا اتصالات پیچی برای جلوگیری از هر نوع نشت آب استفاده می شود . وقتی ترکیب بتن در لوله ریخته شد ، اگر در اتصالات یک شکاف باشد ، یک اثر ونتوری ایجاد می شود که آب دریا را به مکنده و ترکیب با بتن ترکیب می گردد، سپس به طور غیر خالص تفکیک شده و با آب شسته می شود. در جاهایی قابل استفاده جایگذاری لوله انتقال بتن در یک شیب ۵ تا ۱۰ درجه نسبت به عمود قرار می‌گیرد.

شکل ۴-۲: قراردادن واشر در انتهای لوله انتقال بتن

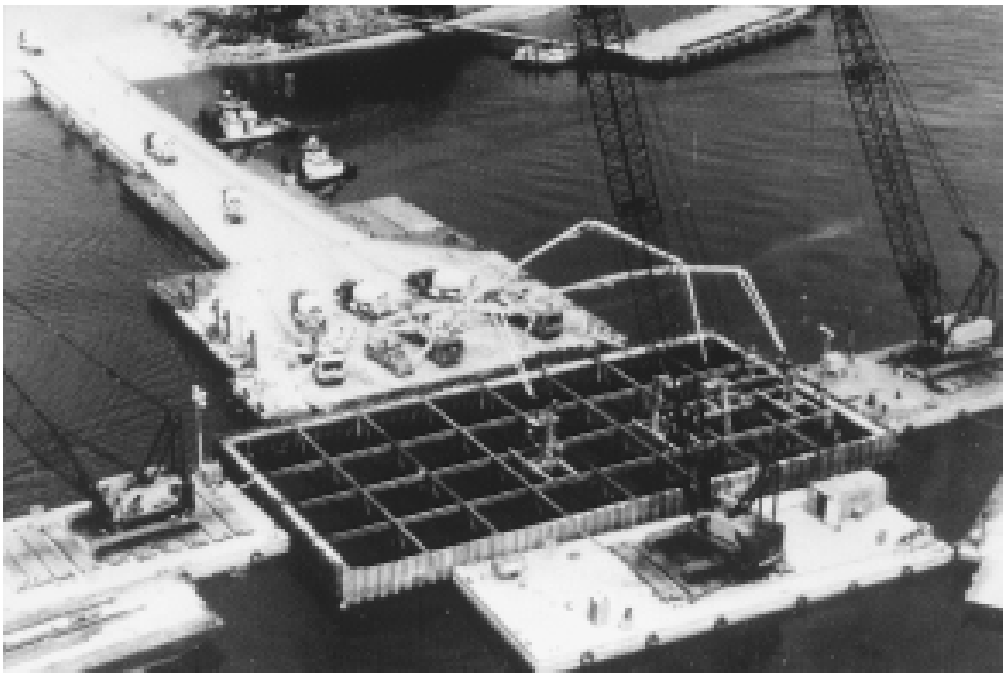
راه بهتر برای شروع بتن ریزی در هر عمق بیش از ۵۰ متر ، نصب یک صفحه فولادی روی انتهای کف با یک واشر لاستیکی نرم است . صفحه توسط ریسمان به لوله متصل است (شکل ۴-۲). لوله انتقال مصالح باید ضخامت دیواره ای مناسبی داشته باشد تا وقتی خالی است شناوری منفی داشته باشد . بتن ریزی بوسیله جایگذاری لوله آب بندی روی کف شروع شده و سپس آن را به مقدار کمی با مخلوط بتن پر می کنیم .

نوک لوله انتقال مصالح حداقل ۱ متر به زیر آب برود تا از ورود جریان آب به درون لوله جلوگیری نماید . جریان بتن باید روان بوده ، با یک نرخ پایدار که بتن به تواند به نوک منتقل گردد .اگر به هر دلیلی آببند از بین برود ، بتن به طور کامل به بیرون از لوله حرکت کرده ، از این رو لوله باید بالا آمده و آببندی شود و بتن ریزی در مسیر درست دوباره شروع گردد . فاصله لوله انتقالی بتن می تواند بدون تفکیک بیش از حد ذرات بتن، بین ۶ تا ۲۰ متر باشد. بیشترین فاصله، زمانی بدست می‌آید که جریان بتن روان و بدون چسبندگی مخلوط باشدکه از تفکیک بیش‌ازحد ذرات جلوگیری نموده، از شسته‌شدن سیمان ممانعت نماید.



شکل ۴-۳: لوله انتقال بتن بلند

مشکل اصلی که با لوله های انتقال بتن وجود دارد ، تفکیک ذرات بتن در شن ، سنگ ریزه و یک ترکیب سیمان و آب است که یک حباب در بتن ایجاد می نماید و به آن Milk گفته می شود .حباب ها ممکن است بالقوه خیلی انعطاف پذیر بوده ، ماده ای شبیه گل و لای باشند و سر انجام شبیه مواد گچی سفت خواهد شد . آن خیلی متخلخل بوده و یک لایه ضعیف و غیر قابل حذف در سازه ایجاد می نماید. تفکیک ذرات مقدمتاً وقتی بتن در آب دریا جریان می یابد یا جاهایی که آب دریا با بتن بوسیله اختلاط مکانیکی مخلوط می شود یا بر اثر لرزش بتن ایجاد می‌گردد. شکل۴-۴ قرارگیری لوله‌های بتنی در پایه‌های فونداسیون را در یک پل و شکل۴-۵ تنظیم صحیح و قرارگیری مناسب انتقال مصالح بتن را نشان می دهد .



شکل ۴-۴: قرار گیری لوله های بتنی در پایه های فونداسیون پل

شکل ۴-۵: تنظیم صحیح و قرار گیری مناسب بتن

٤-۱-۳ ترکیبات مخصوص برای بتن ریزی زیر آب

برای قرار گیری بالابرهای کم عمق در معرض آب و برای قرار گیری در آب ها با امواج کم ، یعنی اثر جریان یا امواج، یکی از دو راه حل ویژه که می تواند پذیرفته شود عبارتست از: فوم سیلیکا به مقدار ۶٪ سیمان می تواند اضافه شده یا روش دیگر ، افزودن یک مخلوط ضد آب بردگی می باشد . در هر دو مورد افزودن یک نرم کننده سوپر به اضافه یک باز دارنده ضروری است .

هر یک از این دو ترکیب ، فوم سیلیکا با ترکیب ضد آب بردگی و ترکیب AWA می تواند سیالیت را کاهش دهد . بدون افزودن فوم سیلیکا و AWA ، ترکیب به شدت چسبنده می شود .

این دو ماده افزودنی ، یعنی فوم سیلیکا و ترکیب AWA می توانند برای جایگزینی بتن حجیم زیر بستر دریا به کار برده شوند . ترکیب AWA در آب های خیلی کم عمق برای پرکردن فضا های خالی بین سنگ ریزه ها و در سازه های حجیم استفاده می شود .

وقتی AWA استفاده شد ، دوغاب و بتن با مصالح دانه ریز (در حدود ۸ mm) می توانند در میان یک لوله که بوسیله غواص هدایت می شود ، قرار داده شوند .

٤-١-٤ پمپاژ بتن و دوغاب سیمان

بتن ساخته شده با شن به صورت تنها و یا با شن و مصالح ریز دانه (۸ mm) به طور موفقیت آمیز از یک بارج به سمت پایه های جکت سکوی فرا ساحل در خلیج فارس و دریای شمال در عمق ۱۵۰ متری یا بیشتر پمپاژ شد .

اندازه لوله از ۵۰ متر تا ۷۵ متر انتخاب شده بود تا بتن در سرازیری پمپ شود . یک سوپاپ آزاد سازی خلاء در نوک لوله برای جلوگیری از تشکیل خلاء به علت سرعت زیاد ریزش بتن نصب می گردد . اگر چه روش گسترده پمپاژ در لوله های انتقال بتن برای پر کردن ستون های حفاری شده ، شمع های لوله ای و سدهای موقتی بدون اندازه گیری عمق است . برای این چنین جایگذاری هایی از لوله های بزرگ تر از ۷۵ mm برای کاهش اصطکاک استفاده می شود . نتیجه اینکه بتن روان در لوله پر می شود . در مقابل بتن با جریان ناشی از وزن درون لوله انتقالی جاری شده و به طور اتوماتیک نزدیک نقطه تعادل با سطح آب خارج می شود که این تعادل به جاری شدن آرام و یکنواخت بتن منجر می شود .

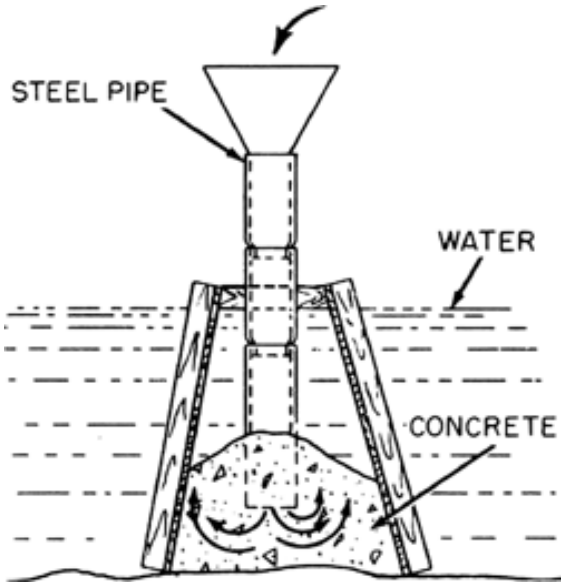
آزمایشات نشان می دهد که این چنین پمپاژهای بتن، یک میزان تخلخل ، دخول گل و لای و حباب را در بتن ایجاد می نماید . استفاده از این روش به طور کلی توصیه نمی گردد ، بر عکس پمپاژ دوغاب سیمان یک روش موثر و بی عیب می باشد .

٤-١-٥ دوغاب ریزی زیر بستر

سکوهای وزنی پیشرفته به ترکیبات و روش های مناسب برای پر کردن زیرین ، معمولاً بستر تخت با دوغاب دارای خاصیت مخصوص تمایل دارند . به طور کلی خواص مطلوب مواد پرکننده همگن ، رشد کم دما ، چسبندگی ، پایداری دراز مدت هستند .

یکی از ترکیبات پیشرفته شامل سیمان ، تاخیر دهنده و سنگ آهک پر کننده است که استفاده می شود . ترکیب دیگر جایگذاری ۵۰٪ یا بیشتر سیمان با بنتونیت یا خاکستر بادی است . به یک ترکیب اسفنجی پایدار که فقط از سیمان و آب دریای به اضافه اسفنج و یک تثبیت کننده است ، توجه مخصوصی می شود ، همچنین ممکن است پودر سنگ آهک هم به آن اضافه شود .

معمولاً مواد به سکو توسط پمپ منتقل شده و سپس مخلوط شده و با جریان وزنی توسط یک قیف ناودانی که در بالای ستون حفاری قرار گرفته است ، تغذیه می شود (شکل ۴-۶). به واسطه این ها ، ترکیب در میان یک لوله جریان می یابد تا از نازل خارج شود . یک روش آویزان نمودن یک لوله با طول کوتاه به طور افقی توسط زنجیر زیر قالب های بتنی بستر می باشد . سپس لوله تمایل به سوار شدن بر روی کف را دارد ، تا از تزریق دوغاب به فضای کف سکو محافظت کند .



شکل ۴-۶

منافذ مناسب باید در نظر گرفته شود تا آب محصور شده خارج گردد . فشار بیش از حد می تواند باعث شکستن کناره ها شده یا حتی باعث از بین رفتن سکو ها گردد . این فشار بیش از حد محلی به سازه کف صدمه می زند . همچنین اندازه حجم هم باعث ایجاد صدمه در کناره ها گردد . بنابراین فشار و حجم باید به شکل دقیقی مراقبت شوند .

سیالیت زیاد دوغاب ممکن است در فاصله های بین صخره ها رها گردد . ترکیب مناسب برای بستر سنگی ترکیبی از شن ، سیمان و مخلوط خاص می باشد که تست های انجام گرفته روی آنها تمایل کم به تفکیک ذرات بتن و نفوذ کم در صخره ها را نشان می دهد .

اگر سطح زیر بستر صاف باشد ، دوغاب سیمان قادر است به طور کامل و یکپارچه در زیر بستر قرار گیرد که در این دوغاب استفاده از فوم سیلیکا و AWA کاربرد پذیر نشان می دهد .

٤-١-٦ بتن ریزی برای انتقال نیرو از شمع به غلاف ها و پایه های جکت

در بتن ریزی به طور وسیعی از سیمان در بین دو حلقه پایه ستون و غلاف جکت استفاده می شود . یک فاصله ۵۰ تا mm ۱۰۰ معمولاً در نظر گرفته می شود . عموماً ترکیب از سیمان به اضافه آب می باشد . خاکستر بادی ممکن است با جایگذاری به جای بخشی از سیمان استفاده گردد تا دمای هیدراسیون را کاهش دهد. همچنین ممکن است برای افزایش استحکام فوم سیلیکا هم اضافه گردد . AWA هم یک مخلوط مناسب به این منظور است . نرخ جریان بتن ریزی باید طوری پایین نگه داشته باشد تا از ایجاد تخلخل اجتناب گردد . فشار باید به طور دقیقی کنترل گردد تا از در هم شکستن بتن در زیر غلاف جک جلوگیری شود .

٤-١-٧ بتن زیر آب با استحکام پایین

بتن کم استحکام قرار گرفته شده در زیر آب ، گاهی اوقات به کار گرفته می شود ، برای مثال در شمع موقتی یک تونل باز یا ساخت یک شمع در کف حفاری شده ستون عمودی .

توانایی بتن مورد نیاز می تواند بوسیله نسبت بالای فوم و با استفاده از ترکیبات معدنی با فعالیت سیمان پایین فراهم گردد . خاکستر بادی و بنتونیت هم استفاده می گردد ، هر چند این ها به ادامه دادن تقویت استحکام با عمرشان تمایل دارند . پودر سنگ آهک دارای خاصیت خیلی ضعیف سیمانی بوده ولی ماده بهینه ای برای ایجاد بالا بردن کارایی و روانی بتن که تقویت استحکام را محدود می کند، می باشد .

٤-٢ تجهیزات غواصی و بازرسی زیر آب

دخالت انسان در سازه های زیر آب یکی از قدیمی ترین شکل های فعالیت فراساحلی می باشد که به دوران ایران و روم باستان، فینقی ها و سایر تمدن های قدیمی بر میگردد. یک روش امروزی فعالیت فراساحلی، غواصی و استفاده از تکنیک های فوق پیشرفته در محیط های زیرآب می باشد که روش های تکنیکی برتری هستند و توسط تحقیقات وسیع و پیشرفته در زمینه های علوم طبیعی ، نگهداری و کنترل، سیستم های قدرت و تجهیزات مکانیکی بدست آمده اند. ابزار زیر آب و سیستم های صوتی-الکتریکی ، کارایی غواص را به شکل وسیعی افزایش می دهد.

از جمله تجهیزات در دسترس غواصان در زیر لیست شده است:

۱) تجهیزات بازرسی و آزمون های غیرمخرب (NDT)

- تجهیزات بازرسی مغناطیسی
- تجهیزات مافوق صوت
- دستگاه های رادیویی و ردیاب های نشت یاب
- تجهیزات نشان دهنده حفاظت کاتدی
- تجهیزات اندازه گیری و موقعیت یابی لایه های مسطح
- دستگاه های فلزیاب
- حرارت سنج

۲) تجهیزات عکسبرداری

- دوربین های ثابت
- دوربین های فیلمبرداری
- سیستم های ویدئویی

۳) تجهیزات لایروبی زیرآبی

- واترجتینگ
- ماشین های لایروب-پاک کننده قابل حمل
- ماشین های لایروبی اتوماتیک

۴) تجهیزات کششی و گشتاوری

- وینچ های گشتاوری دستی و هیدرولیکی
- دستگاه های اندازه گیری انبساط

۵) تجهیزات بالابری و اتصالات

- کیسه های بادکننده بالابر
- ژنراتورهای گازی
- ماشین های کشنده بالابر
- اره های برشی
- مته های حفاری
- آچارهای ضربه ای

- چفت های تحریک کننده قدرت

- شکننده های هیدرولیکی

- تشدید کننده های فشار

- پاشنده های بتن و چسب

- سیستم نشانه گذاری زیر دریا

- تجهیزات برشی مکانیکی و سایشی

۶)دستگاه های تنظیم برق زیر دریا

۷) وسایل نگهدارنده غواص در موقعیت

۸) تجهیزات انفجاری

- برنده های لوله، زنجیر و پوشش

- سوراخ کن ها

- مته های سنگ شکن زیر آب

۹) وسایل روشنایی زیر آب

٤-٣ ROV شناور عملیاتی کنترل از راه دور

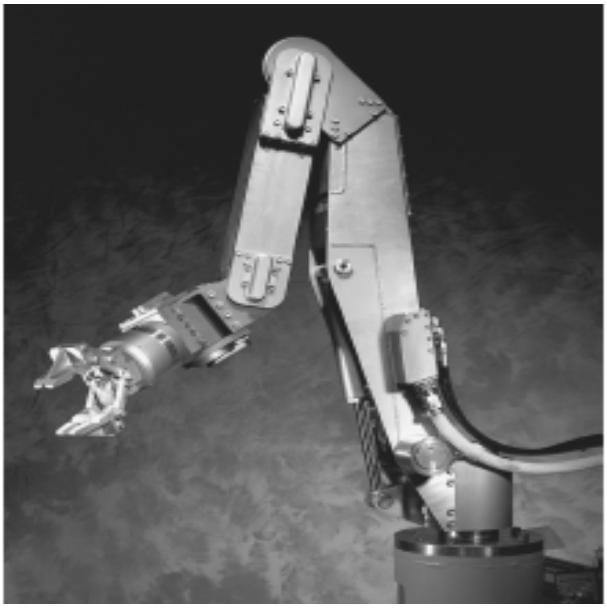
برای بازدید سازه های زیرآب ROV که مخفف عبارت Remote Operated Vehicle است، در حالات خاص استفاده میشوند. این وسایل به طور مرکزی هدایت می شوند، که هیچ نیروی مستقیم به آنها وارد نشده وخودشان را کنترل می کنند. پس از کسب اطلاعات از زیر آب، اطلاعات را به سطح منتقل می کنند.

شکل ۴-۷: ROV

این اطلاعات می تواند از سنسور ها و عکس های ویدئویی بدست آید.ROV ها می تواند با فیبر نوری و سنسورهای الکترونیکی پیشرفته و سیستم های انتقال و ذخیره سازی اطلاعات تجهیز شوند. ROV می تواند درون خطوط لوله حرکت کرده و شرایط را بررسی نموده و اتصالات را بازبینی نماید.

یک ROV ممکن است تجهیزات و قابلیت های زیر را شامل شود:

- ویدئو تلوزیون های وضوح بالا
- دوربین عکاسی سیاه و سفید در سطوح کم نور
- تهیه و رسم نقشه از روی عکس به روش برجسته بینی و استریسکوپی
- عکاسی های صوتی ، سونار پویش از کنار side-scan sonar
- بازوی مکانیکی برای باز و بسته کردن پیچ و مهره (شکل ۴-۸)
- سیستم هدایت خودکار و ناوبری صوتی
- ابزار کوبش و لایروبی
- تجهیزات نصب
- تجهیزات شناوری
- برش دهنده های طناب سیمی
- ابزار عملیاتی هیدرولیکی مثل برش دهنده ها، مته ها و جک ها



شکل ۴-۸: بازوی مکانیکی برای باز و بسته کردن پیچ و مهره نصب شده روی ROV

ROV های آب عمیق که محدودیت عمق ندارند خیلی گران قیمت هستند. آنها قابلیت اتصال به خطوط لوله انعطاف پذیر در آب با عمق بیش از ۲۵۰۰ متر را دارند.

ROV ها برای نقشه برداری و بازرسی سازه ها در طی نصب استفاده شده و کاربرد دارند. بوسیله یک ترکیب هدایت خودکار و تجهیزات موقعیت یابی صوتی در یک فضای سه بعدی به خوبی تعیین محل می شود. سپس به واسطه سنسور های روی آن ، آنها ممکن است موقعیت مناسبشان را نسبت به اجزاء سازه تعیین کنند.

همانطور که در بالا نشان داده شد ، ROV وسیله ای است که میتواند به طور خاص در یک محدوده‌ی وسیع کارهای ویژه ای را شامل استفاده از تجهیزات منطبق نماید. در جاهایی که وسایل و تجهیزات خیلی بزرگ و سنگین بر روی سطح وجود دارند، ROV قادر است نصب شده و به خطوط راهنمایی متصل شود ، سپس پایین روی آنها را کنترل نموده و وسایل بزرگ را در موقعیت قرار دهد.

٤-٤ شناور های کمکی

٤-٤-١ بارج

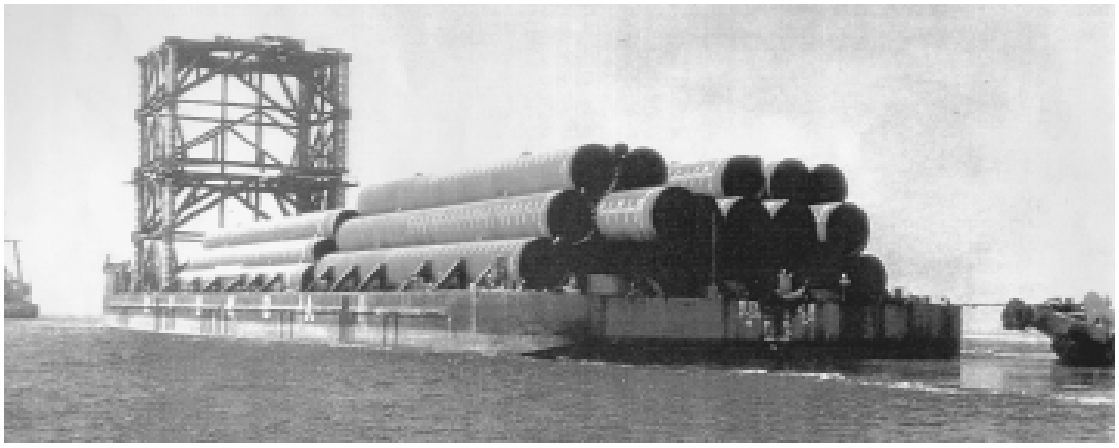
در سازه های فرا ساحل بارج های باید طول مناسب برای کمترین Pitch و Surge ، عرض کافی برای داشتن کمترین roll و عمق کافی برای مقاومت خمشی در مقابل Sag و hog و پیچش ، یعنی سطح آزاد مناسب را داشته باشد . طراحی عرشه باید به طور کافی یکپارچه باشد تا بتواند در برابر بهم فشردگی پوسته ، کشش و پیچش اعمال شده بوسیله نیروی امواج مقاومت نماید . نیرو های ضربه ای و فشاری می توانند از ضربه امواج به سینه ، از یخ و از قایق ها و دیگر بارج های اصابت کننده به کناره ها وارد شوند . همچنین ممکن است به وسیله بارگذاری ها یا به گل نشستن به صفحه عرشه بارج و اسکلت کف آن نیرو های خمشی وارد شود . همچنین سایش ممکن است ضخامت صفحات بدنه کشتی را کاهش دهد .

ساختار داخلی یک بارج بوسیله بالکهدهای طولی و عرضی تقسیم بندی شده هستند . از این رو احتمال شکستگی نسبتاً بالایی در شکستگی صفحه کناری که به غرق شدن کامپارتمان مجاور منجر می شود وجود دارد . یک بالکهد مرکزی می تواند به غرق شدن یک طرف به طور کامل اجازه داده و سبب هیل بیش از حد شود و امکان دارد که شناور واژگون شود . بالکهد طولی به اضافه دو بالکهد کناری یک مقاومت برشی طولی در بارج ایجاد می کنند . بالکهد های عرضی معمولاً ، یکی در پاشنه و یکی در سینه (بالکهد تصادم) گذاشته می شوند . یکی در جلوی پاشنه و یک یا بیشتر در ناحیه وسط قرار می گیرند . این ها یک مقاومت برشی عرضی را ایجاد می کنند .

انواع بارج ها ی فرا ساحل به طول ۸۰ تا ۱۶۰ متر بوده ، و عرض آنها باید یک سوم تا یک پنجم طول باشد . عمق آنها معمولاً ۱/۱۲ تا ۱/۱۵ طول می باشد . این نسبت ایجاد شده ، یک تعادل قابل قبول در عملکرد سازه زیر بار امواج را ارائه می دهد .

بارج های ساحلی در معرض نیروی امواج کمتر بوده و برای عملیات در آب های کم عمق ممکن است به عمق در حد ۱/۲۰ طول نیاز داشته باشد . بارج های آب کم عمق اغلب در رودخانه ها و دریاچه ها استفاده می گردد . آنها در موقعیت های بدون حفاظت که نه فقط تنش های خمشی شبیه استاتیکی می تواند گسترش یابد ، بلکه همچنین افزایش دینامیکی و تشدید هم در آنها است ، خیلی خطرناک می باشد .

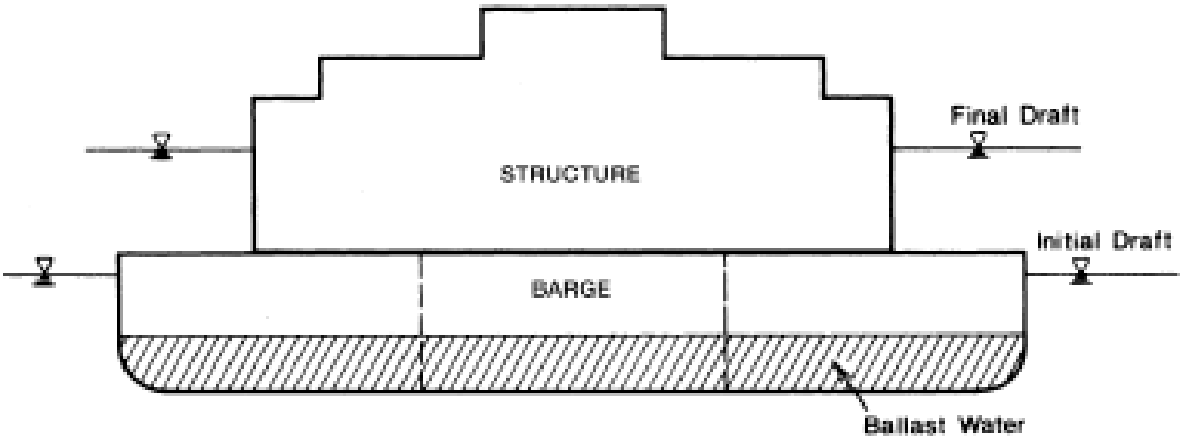
گوشه های بارج در طی عملیات در معرض صدمات سنگین قرار می گیرد ، از این رو آنها باید به سختی تقویت شوند . ضربه گیر ها باید یک گوشه را آماده کنند تا صدمات ضربه ای به سایر شناور ها و سازه ها را کمتر نماید . ضربه گیر ها باید در طول کناره ها قرار گیرند تا صدمه خوردن خود بارج از سایر قایق ها و بارج ها در لنگرگاه را کاهش دهند . اینها ممکن است ترکیبی از یک باریکه ضربه گیر کامل به اضافه ضربه گیر تجدید شدنی باشد .



شکل۴-۹: بارج حمل کننده ستون لوله ای

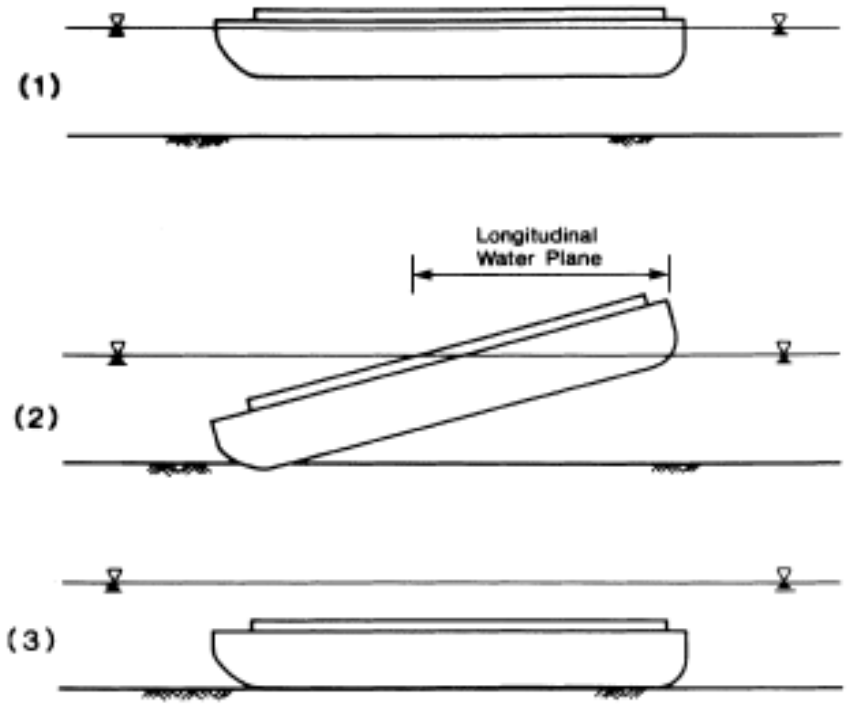
بارج دریایی اغلب به گل می نشینند تا محموله ای را بارگیری کرده یا تخلیه نمایند. منطقه به گل نشستن باید به خوبی تسطیح شده باشد و تمام تخته سنگ ها و حتی سنگریزه‌های کف برداشته شود تا از سوراخ کردن و خراش دادن بارج جلوگیری نماید . محموله باید در برابر حرکات تحت اثر امواج دریا حفظ گردد .

بارج ها معمولاً با ضوابط بارگذاری استاندارد انجمن رده بندی طراحی می شوند . این معیار ها معمولاً بر پایه شنا وری بدنه در خط عرشه هستند . این بارج ها برای غوطه وری کامل طراحی نمی شوند .سازه بر روی عرشه بارج ساخته می شود و سپس بارج توسط بالاستینگ غوطه ور می شود و سازه جدید شناور می گردد . (شکل ۴-۱۰)



شکل ۴-۱۰: به آب اندازی یک سازه شناور از روی یک بارج

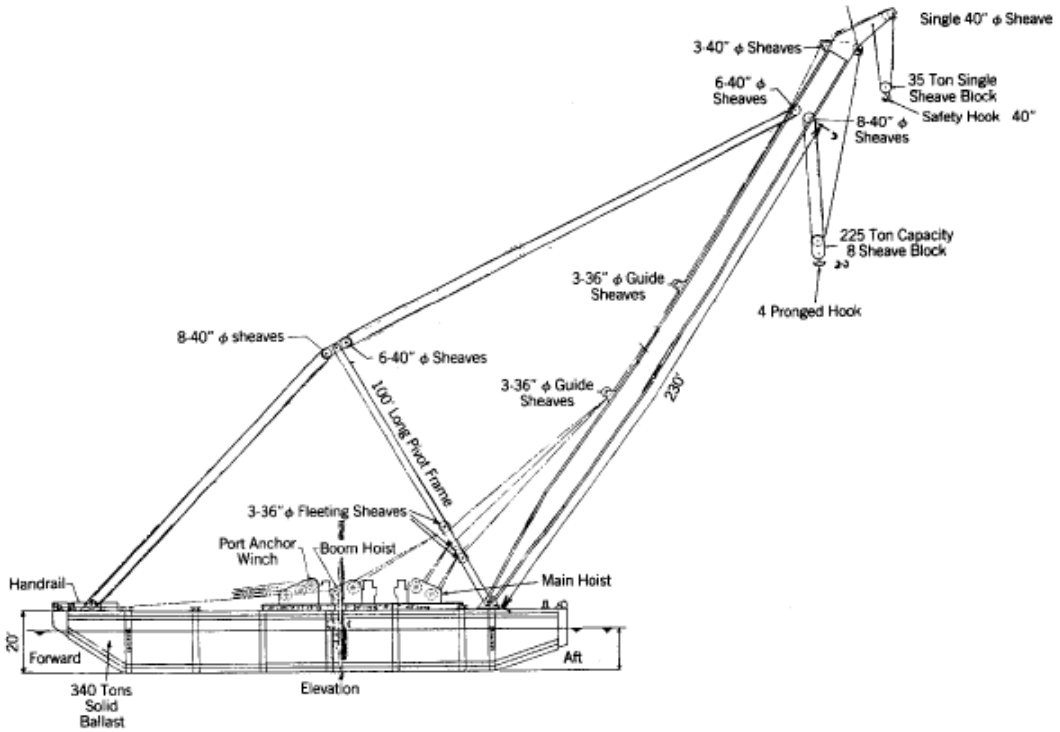
اگر بارج به طور کامل روی یک انباشت زیر آب یا روی بستر دریا در آب کم عمق ، مغروق شود ، ممکن است نوک آن پایین برود . عرض بارج و خط آبخور شیبدار آن پایداری را در این مرحله ارائه می دهد . سپس انتهای بارج با کف تماس پیدا می کند . حال ممکن است بارج به طور کامل مغروق شده و پایداریش از قسمت انتهایی افزایش یافته و به روی کف سطح می نشیند . (شکل ۴-۱۱) این روش معمولاً در عمق در حدود یک سوم طول بارج محدود می باشد .



شکل ۴-۱۱

٤-٤-١-١ بارج جرثقیل دار

بارج جرثقیل دار استفاده از بارج فراساحل مجهز شده به یک جرثقیل سه پایه ، جرثقیل سر چکشی و جرثقیل تمام چرخشی می باشد . یک جرثقیل سه پایه می تواند بار برداری کرده و نگه دارنده باشد اما نمی تواند نوسان نماید . سه پایه شامل یک قاب هشتی ساخته شده ، با دو ستون لوله ای یا خرپا سنگین می باشد که تمام بار را در سینه تحمل می نماید(شکل ۴-۱۲). بارج جرثقیل دار سه پایه توسط موتور عرشه که پروانه ها در بیرون نصب شده است حرکت می نماید .

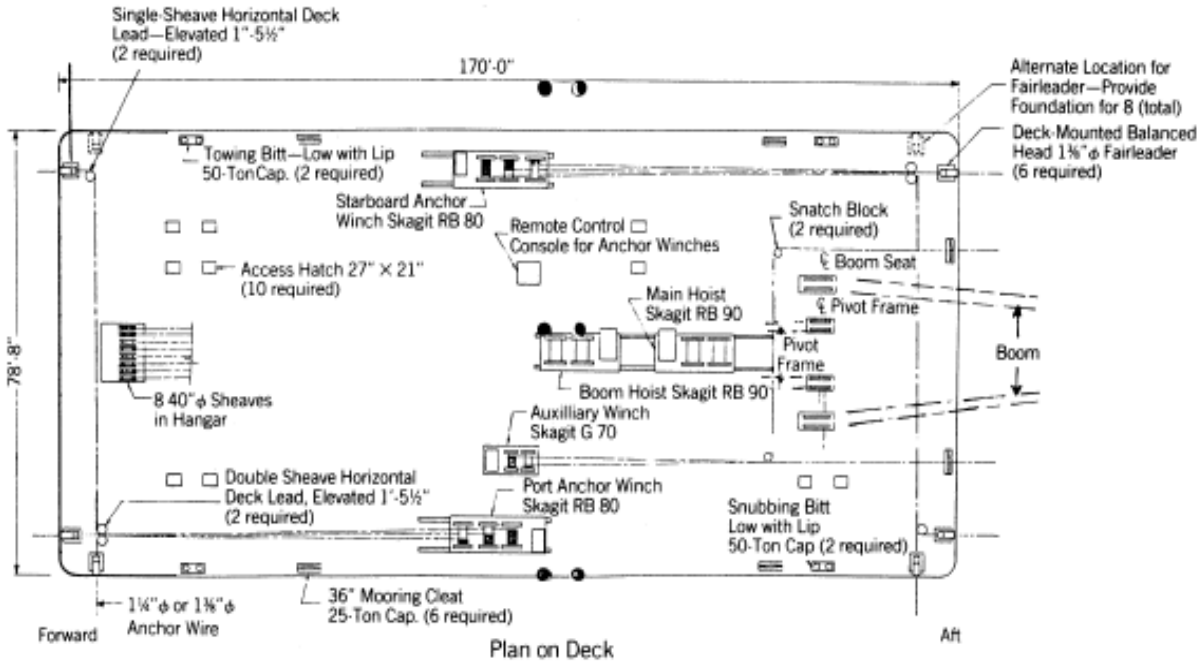


شکل ۴-۱۲: بارج جرثقیل دار سه پایه

جرثقیل به پهلوی بارج باربری رفته ، بارها را برداشته و در موقعیت مناسب قرار می دهد. یکی از مزایای جرثقیل سه پایه در مقابل بارج جرثقیل دار با چرخش کامل، باری است که همیشه روی انتهای پاشنه است ، از این رو از نوسان جرثقیل جلوگیری می نماید .

جرثقیل سه پایه همچنین قیمت کمتری نسبت به جرثقیل با چرخش کامل داشته ، اما هر دو هزینه تعمیر و نگهداری زیادی دارند . همچنین نیاز است کل بارج حرکت کرده و در موقعیت مناسب قرار گیرد و عملیات آن نسبت به بارج جرثقیل دار آرام تر انجام می گیرد . در ثانی نوک آن نمی تواند حرکت دریا را کاهش دهد . یک بارج دارای جرثقیل سه پایه توانایی بالاست شدن به سمت پایین با سینه را داشته و تریم آن توسط بار برداری خنثی می گردد.

توانای یک بارج دارای جرثقیل سه پایه بلند کردن یک گنجایش یا بار حجمی بزرگ تا یک ارتفاع (برای مثال تا قرار دادن روی عرشه سکو) که با طول مجاز طناب و تداخل بین بار و پایه های بلند خودش محدود می گردد . تاب خوردن بار به وسیله حرکت بارج خطرناک می باشد .



شکل ۴-۱۳: قرارگیری تجهیزات روی عرشه بارج جرثقیل دار

در بارج دارای جرثقیل با سر کوبنده ، جرثقیل با سر کوبنده کاملاً ثابت شده دارند . آنها در برخی از روش ها بارج های جرثقیل دار سه پایه عمل می کنند اما نمی توانند با قلاب چیزی را بلند کنند .

بارج SVANEN دارای ظرفیت ۸۰۰۰ تنی است که برای گذاشتن شمع ها ، ستون ها و شاهتیر های پل بزرگی در جزیره ادوارد استفاده شد . (شکل ۴-۱۴)

شکل ۴-۱۴:بارج SVANEN دارای ظرفیت ۸۰۰۰ تنی و سر کوبنده است

٤-٤-١-٢ بارج سازه ای jack-up

بارج جک آپ که در مناطق دریایی متلاطم یا امواج شکسته کم عمق و آب های ساحلی و یا جریانات سریع کار می کند ، ابزار خیلی مفیدی از آب در می آیند . در جاهایی که عملیات بزرگ زیادی باید اجرا شود ، مانند ترمینال فرا ساحل یا پایه پل ، بارج سازه ای جک آپ خیلی کاربردی است . این بارج ها با ۴ تا ۸ جک بزرگ و پایه ، ساخته شده از لوله یا فولاد تجهیز شده است . بارج به موقعیت باری خودش یدک کش شده و جک آپ آزادانه کار خود را انجام می دهد .

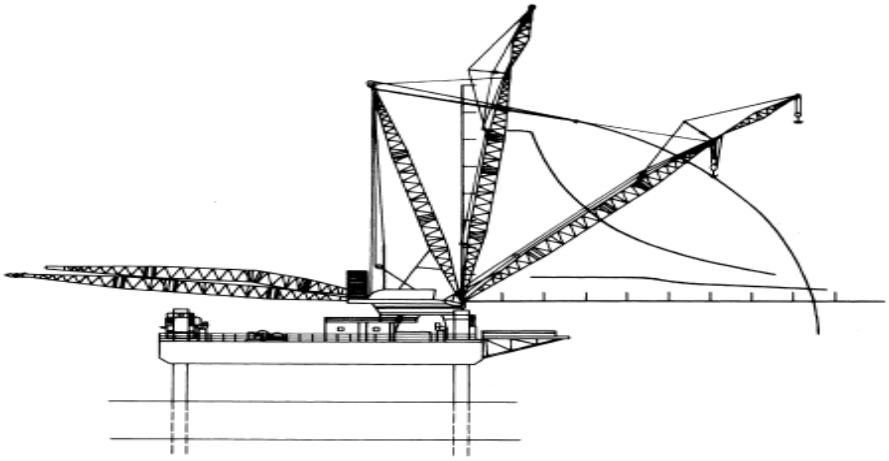
شکل ۴-۱۵ : بارج با سازه‌ی جک آپ

مراحل شروع با حرکت بارج به موقعیت توسط پایه هایش است . به محض رسیدن به موقعیت توسط ابزار مهار گسترده مهار می شود . جک آپ سازه ای فقط در آب نسبتاً کم عمق ، در حد ۳۰ تا ۶۰ متر حداکثر ۱۰۰ متر که سفتی ابزار مهار قابل اجرا است ، می توانند عمل کنند .

در حالت دریای آرام (امواج کمتر از ۱ متر) پایه ها به سمت پایین بستر دریا رفته و تحت وزن جکت در آنجا نفوذ می نمایند . گاهی اوقات نفوذ با استفاده از جتینگ و ویبراتور صورت می گیرد . جک های استفاده شده در پایه ها در این زمان به حرکت بارج عکس العمل نشان داده و پایه ها در کف فرو می کند .

وقتی پایه ها به خوبی جا سازی شد ، بارج در نزدیک سطح آب شروع بـه جـک زدن مـی کنـد . ایـن مرحله خیلی بحرانی است ، چون ضربه امواج در زیر بارج ممکن است سبب نیرو های ضربه ای بـه جـک هـا شده و بارج در عرض تغییر مکان دهد و پایه ها خم شـود . میـرا کننـده هـای ضـربه ، میـرا کننـده هـای ویـژه هیدرولیکی ممکن است به سیلند های پر شده نیتروژن متصل شـده ، همچنـین ضـربه گیـر هـای نئـوپرون هـم ممکن است به کار برده شود .وقتی بارج به عمق کاربردی رسید ممکن است پایه ها رها شده و کوبنده شـمع برای به دست آوردن نفوذ بیشتر استفاده گردد . این نکته که در مکان هایی که بستر نا هموار اسـت ، بـه تمـام پایه ها باید بار برابر وارد شود ، مخصوصاً در روز های اول نصب خیلی ضروری و مهم است .

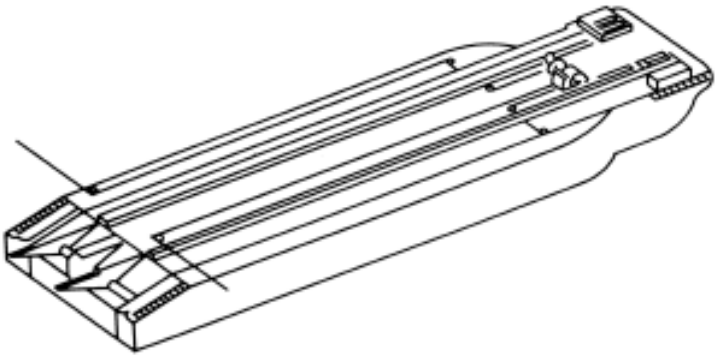
برای برداشتن جک از موقعیت ، دریا باید آرام باشد (موج حداکثر ۱ متر) خطوط مهار شل شده و سپس بارج جک بزند تا شناور گردد . در موقعیت بحرانی امواج به سطح زیرین ضربه وارد می کنند و خطوط مهار سفت می شوند . سپس در این زمان پایه ها آزاد می شوند و اگر پایه به راحتی بیرون نیاید ، میتوان از تکنیک های مختلفی استفاده نمود . در گل و لای بارگذاری طویل المدت ممکن است سرانجام پایه ها را آزاد نماید . جک آپ ها یک سکوی ثابت را فراهم می کنند که در مقابل عکس العمل دریا بدون حرکت می باشد. (شکل ۴-۱۶)



شکل ۴-۱۴: جرثقیل با سازه جک آپ

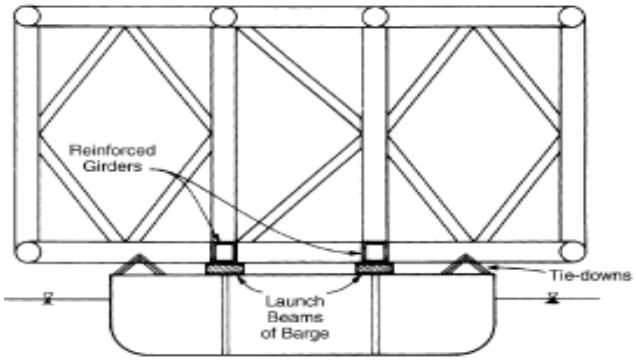
٤-٤-١-٣ بارج آب اندازی

یکی از چشمگیر ترین پیشرفت ها در سازه های فرا ساحل روش استفاده از بارج های آب اندازی برای انتقال و آب اندازی جکت است.همچنین آنها برای انتقال و آب‌اندازی سازه های دریایی بکار می‌روند.



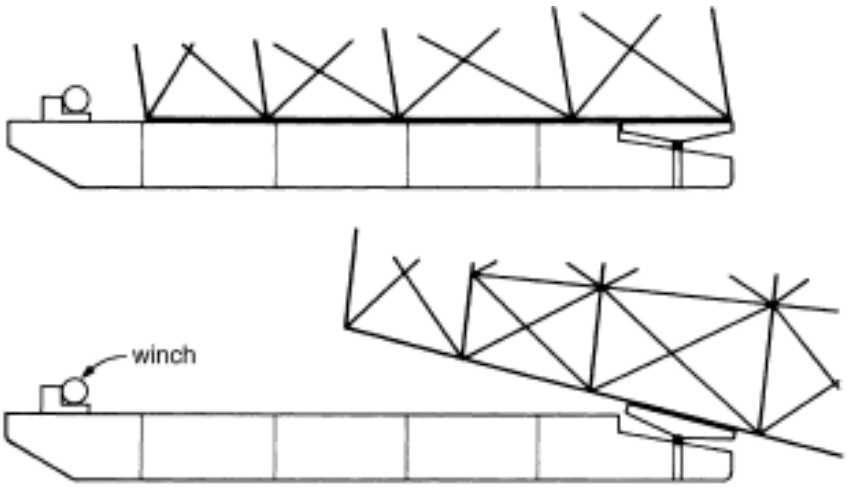
شکل ۴-۱۷: بارج آب اندازی

بارج آب اندازی خیلی بزرگ بوده و بسیار محکم ساخته می شوند ، بلند و عریض بوده و داخل آن به کامپارتمان های بالاست زیادی تقسیم بندی می شوند . چون که آنها باید یک جکت با وزن هزار تن را پشتیبانی کنند ، باید دارای بالکهد های طولی و عرضی قوی باشند .این شاهتیر ها نیروی جکت را در سازه بارج توزیع می کنند. انتهای پاشنه بارج ، جاهایی که جکت چرخیده و به آب سر می خورد ، نیازمند ساختار ویژه است . در ابتدا برای یک دوره زمانی کوتاه پاشنه ، کل وزن جکت را تحمل می کند . (شکل ۴-۱۸)



شکل ۴-۱۸:جکت قرار گرفته روی بارج

جکت از قسمت تقویت شده‌ی ویژه، سرانده خواهد شد ؛ اما باز هم توزیع نیرو در این منطقه ضروری است . از این رو پاشنه بارج به یک بازوی غلتکی مجهز می گردد تا جکت به روی آن غلتیده و به پایین سر بخورد . (شکل ۴-۱۹) (در بخش ۲-۳-۱-۲ ذکر شده است)



شکل ۴-۱۹: بازوی غلتکی پاشنه‌ی بارج آب انداز

یک روش دیگر به زمین نشاندن عمدی بارج است . برای بارگذاری جکت ساخته شده در کارخانه ، بارج در زمین تراز شده، تا وقتی که هم سطح عرشه کارخانه شود به زمین می نشیند . سپس جکت به روی بارج سرانده می شود . در این روش سازه کف باید فشار ایجاد شده از بستر شنی را تحمل نماید .

همچنین باید در کف از تیرهای مقاوم برای جلوگیری از خم شدن بارج در حین بارگیری جکت استفاده شود. سپس بارج با استفاده از بالاست کردن شناور شده و جکت را حمل می کند . تمام عملیات مرحله به مرحله توسط کامپیوتر کنترل می شود . یک بارج آب اندازی توسط وینچ های قوی یا جک های طولی در سینه برای کشیدن جکت روی بارج و در آخر به طناب بکسل درون قرقره های پاشنه مجهز هستند .

عـرض وسـیع یـک بـارج آب انـدازی اغلـب کمتـر از عـرض پایـه جکـت اسـت. برخـی از بـارج هـای آب اندازی ۱۹۶ متر بوده و می توانند یک جکت ۴۰۰۰۰ تنی را آب اندازی کنند . در طی انتقـال بـارج بایـد آبخور کافی باشد تا از غرق شدن پایه هـای بیـرون زده جکـت جلـوگیری کـرده و از چـرخش طـولی بـارج ممانعت شود . پهنای عرض بارج برای به دست آمدن پایداری عرضی در طی آب اندازی طراحی می گردد .

٤-٤-١-٤ بارج لوله گذار

بارج های لوله گذار وسایل پیشرفته ای هستند که یک قسمت کلیدی در سیستم نصب خط لوله زیردریایی فراساحل را تشکیل می دهد (شکل ۴-۲۰) .وظیفه این بارج دریافت و انبار کردن لوله ها، مونتاژ کردن و جوش دادن آنها به هم و پوشش دادن اتصالات و قراردادن خط لوله از روی پاشنه به بستر دریا می باشد.

شکل ۴-۲۰ : بارج لوله گذار

عملیات انجام داده شده بالا شامل موارد زیر است:

۱) تثبیت موقعیت بارج

۲) برداشتن لوله بلند از یک بارج دیگر به روی عرشه بارج

۳) در راستا قراردادن لوله ها برای جوش کاری

۴) کامل کردن جوش

۵)تست اشعه x

۶) امتداد دادن خط لوله

۷) پوشش دادن خط جوش

۸) گذاردن خط لوله در روی عرشه

۹) حرکت دادن بارج رو به جلو

۱۰) حرکت دادن مداوم لنگر رو به جلو

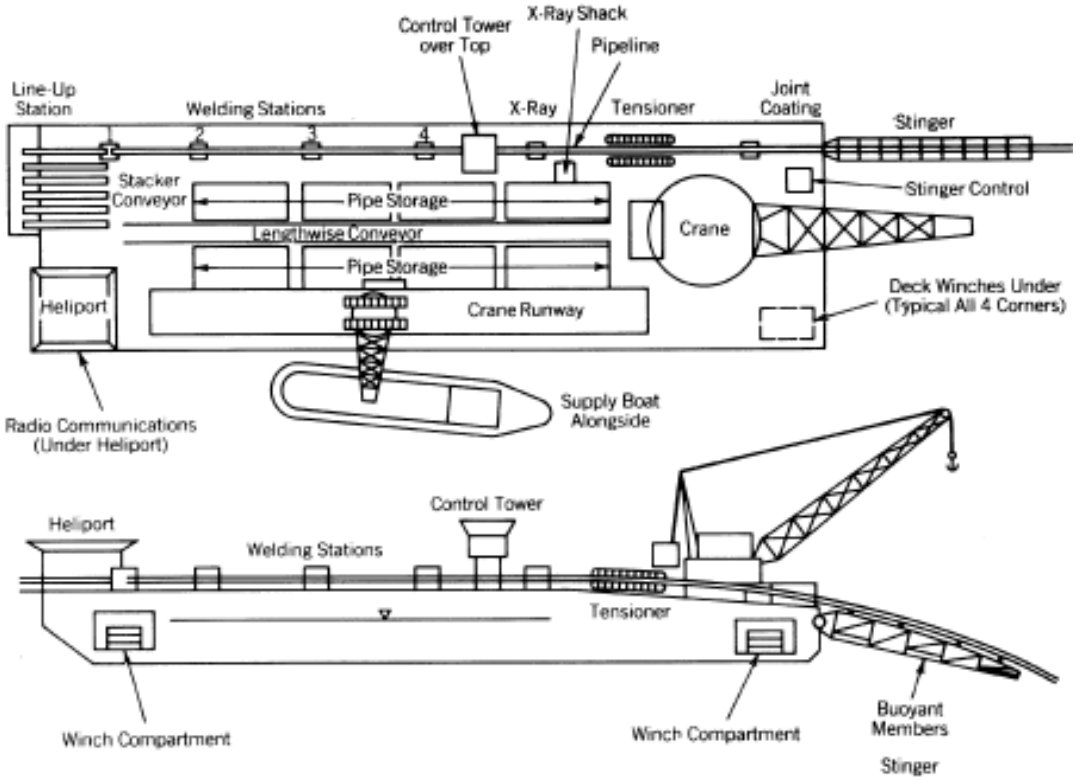
۱۱) تثبیت موقعیت دقیق لوله گذاری

۱۲) ارتباطات رادیویی بین قایق ها، ساحل و هواپیما

۱۳) در صورت مناسب بودن شرایط آب و هوایی ، خط لوله تحت شرایط شناوری در سطح بستر رها میشود

۱۴) بهبود دادن رهاسازی خطوط و آغاز دوباره عملیات لوله گذاری

۱۵) پشتیبانی غواص برای عملیات بازدید



شکل ۴-۲۱: سایر تجهیزات بارج لوله گذار

در روی این بارج ها از وینچ و قرقره استفاده شده و برای گذاشتن لوله های بلند در بارج لوله گذار ، از جرثقیل بزرگ زنجیری استفاده می گردد.

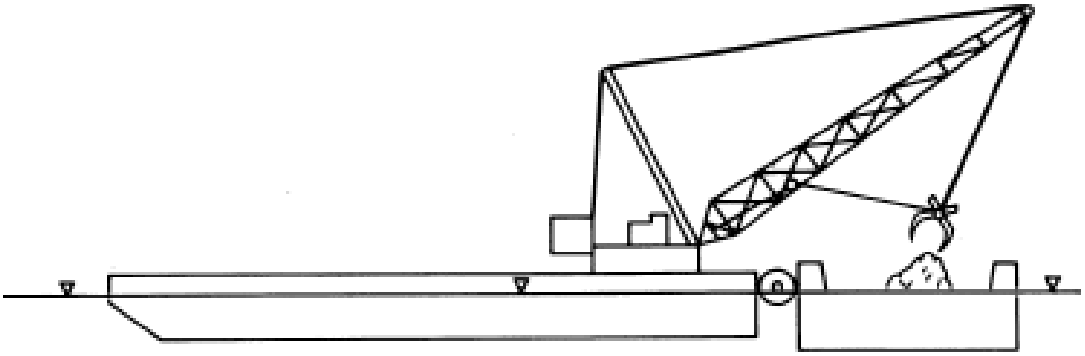
٤-٤-٢ لایروب های فراساحل

برای لایروبی بنادر و کانال‌ها انواع متعددی از لایروب‌ها وجود دارد. هر کدام از آن‌ها وابسته به وسعت و کیفیت نوع خاک لایروبی، شرایط در دست و عمق توانایی مخصوص به خودشان را دارند. لایروب با بیل دو کپه‌ای از یک بیل با خط عمود که می‌تواند نزدیک سازه‌ی خودش فعالیت نماید استفاده می کنند. این نوع توانایی حفاری خودش را با تمرکز وزن بیل به روی دندانه‌هایش بهبود می‌بخشد و این نوع لایروب‌ها محدودیت عمق ندارند.(شکل ۴-۲۲)

شکل ۴-۲۲: لایروب با بیل دو کپه‌ای و تخلیه مواد لایروبی در بارج تخلیه

لایروب با بیل کششی به طور ویژه برای حفر خندق در آب‌های کم عمق در خاک نرم و یا با سختی ملایم مناسب است. این نوع لایروب توانایی حفاریش را با کشیدن بیل خود در راستای نزدیک به افق بهبود می‌بخشد. لایروب مکنده‌ی هیدرولیکی، همان طور که از اسمش پیداست، اجسام را درون یک لوله‌ی نصب شده به پمپ مکیده و سپس آن را در یک پانتون تخلیه می‌نماید. اجسام ممکن است توسط جت‌های متصل شده به انتهای لوله‌ی مکش سست شوند.

این لایروب برای نگهداری مناطق لایروبی شده و بستر نرم دریا به طور وسیعی استفاده می‌شود. وقتی این سیستم لایروبی مکشی هیدرولیکی بر روی شناور خود کششی نصب شد، قادر است مواد لایروبی شده را برای تخلیه در جای دیگر حمل نماید. این‌ها می‌توانند یک ابزار برش و جتینگ برروی بازوی مکشی نصب نمایند تا بتوانند مواد سخت و محکم را نیز حفاری و لایروبی کنند.



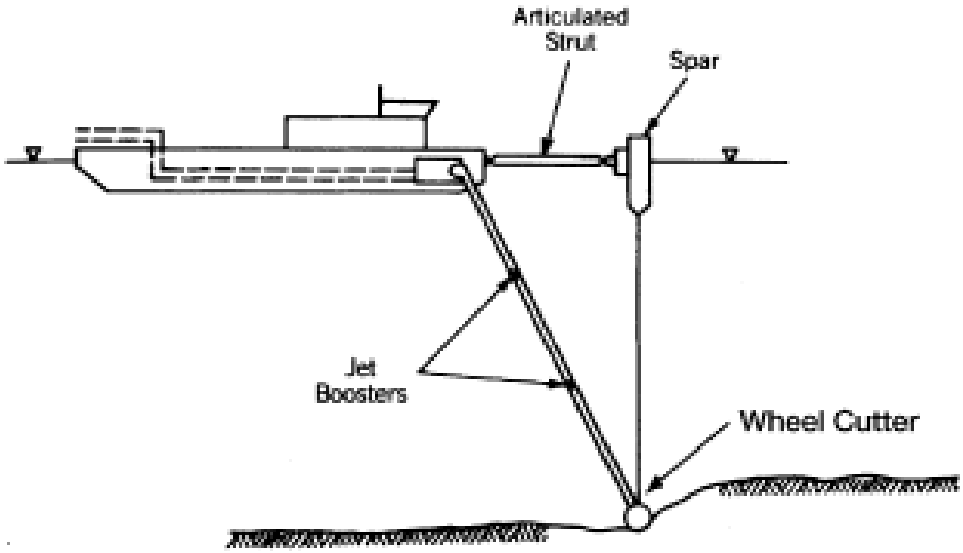
شکل ۴-۲۳: لایروب با بیل دو کپه‌ای در حین تخلیه مواد لایروبی شده از پاشنه

لایروبی فرا ساحل به علت وجود خیزاب ، عمق و کنترل موقعیت به سختی اجرا می‌گردد. عمق آب معمولا عمیق‌تر از مناطق لایروبی قدیمی است این کمیت معمولا خیلی مهم است. همچنین مناطق حفاری هم این کار را سخت‌تر می‌کند. اما با این وجود این سیستم‌های لایروبی (حفاری) مؤثر و کار امد برای استفاده در فراساحل پیشرفت نموده است.

قیف مکنده‌ی لایروبی یدکی در حفاری و لایروبی اقیانوس‌ها کارایی دارد. این‌ها وسایلی خود کششی ساخته شده با اسکلت شبیه کشتی می‌باشند. لوله‌ی مکنده با یک نردبان پشتیبانی می‌شود و انتهای نردبان با یک جت برای شکستن لایه‌های شن تجهیز می‌گردد تا مواد لایروبی شده به راحتی درون لوله جریان یابند. در روی عرشه یک پمپ برای بالا کشیدن مخلوط آب و مواد لایروبی به کار می‌رود. پس پمپ جامدات لایروبی شده و آب‌های اضافی را درون قیف ناودانی شناور تخلیه می‌کند.همچنین این نوع لایروب‌ها می‌توانند مواد لایروبی را به فاصله‌ی دورتری از محل لایروبی انتقال دهند.

زمانی که مواد لایروبی می‌شود، ممکن است لایروب نیروی تراست پروانه را افزایش داده و یا حتی ممکن است از ممنتوم شناور استفاده نماید تا بتواند سر لایروب با قدرت بیشتری لایروبی را انجام دهد.

یکی از مشکلات پیش رو در لایروب‌های ناودانی مکنده در اقیانوس‌های بی حفاظ، وجود خیزآب است که به بالا وپایین رفتن سر لایروب انجامیده و ممکن است به آن صدمه بزند و همچنین ممکن است عمقی با لایروبی نا هموار بدست آید.



شکل ۴-۲۴: لایروب هیدرولیکی با سر برش دهنده چرخشی برای لایروبی عمیق

لایروب مکنده هیدرولیکی یک روش مکانیکی به شدت مؤثر برای حرکت دادن حجم بالای مواد برای فواصل کم می‌باشد. لایروب هیدرولیکی استاندارد به یک قاب در روی پاشنه آویزان شده است. در این نقطه ممان خمشی زیادی را به بدنه وارد می‌کند. در انتهای پایین رفته‌ی لایروب یک سر برش دهنده برای بریدن کف متصل می‌شود، اخیرا تجهیزات حفاری چرخیشی به کاربرده می‌شود که چرخش آن‌ها توسط یک موتور قابل فعالیت در زیر آب هیدرولیکی یا الکتریکی انجام می‌گردد.

برای بر طرف کردن آسیب به سر حفاری به علت بالا و پایین رفتن آب توسط خیز آب، از یک جبران کننده‌ی هیو استفاده می‌شود. یکی از جبران کننده‌های هیو با استفاده از بویه فنری و بازوهای مفصلی که انتهای لایروب را پشتیبانی می‌کند بدست می‌آید. این روش اثرات Pitch را بر بدنه‌ی شناور کم کرده و واکنش هیو را که به علت خیز آب ایجاد می‌شود، کاهش می‌دهد. در لایروبی‌های عمیق، پمپ کارایی خود را از دست می‌دهد .

برای عمق بیش از ۲۰ تا ۲۵ متر تجهیزات اضافی به کار می‌رود تا آب با سرعت اولیه زیادی حرکت نماید. جت‌های مکنده ممکن است آب را با سرعت بالا در لوله‌ها به بالا پرتاب نمایند. با این کار به اصطکاک غلبه کرده و آب با سرعت بیشتری خارج می‌شود تا لایروب بتواند با وجود عمق زیاد کارایی کاملی را ارائه دهد. در شرایط فراساحلی عمق زیاد، لایروب هیدرولیکی باید با خطوط مهار متعدد سیمی کار کند.(شکل۴-۲۵) لایروب‌های با بیل‌دوکپه‌ای تجهیزات دیگری هستنند که می‌توانند به طور مؤثر در شرایط دریایی، مخصوصاً وقتیکه در صخره حفاری انجام می‌گیرد یا مواد سخت وقتیکه منطقه حفاری محدود باشد استفاده گردد.

شکل ۴-۲۵: لایروب هیدرولیکی

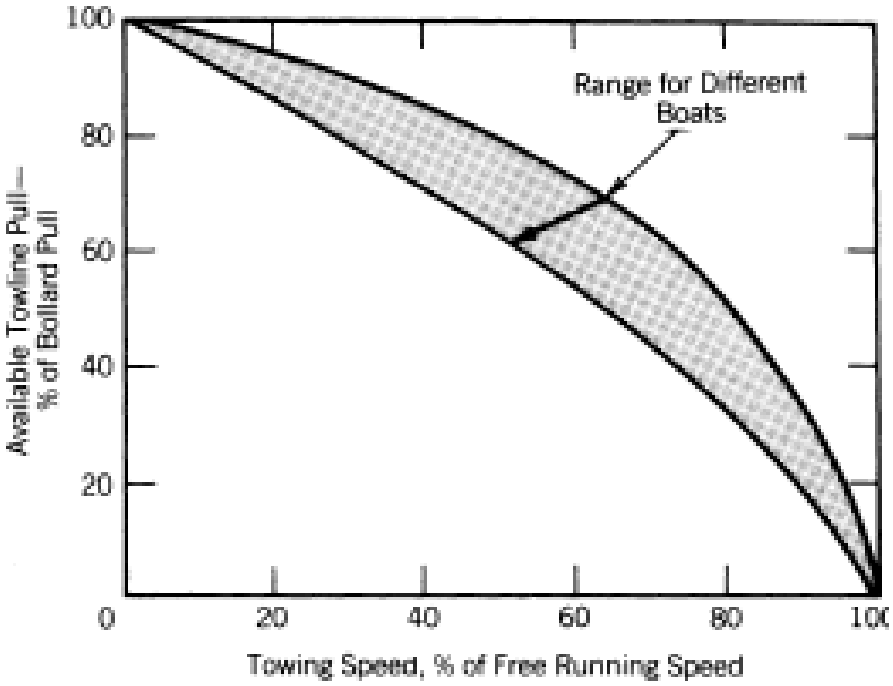
لایروب دو کپه‌ای برای نفوذ بوسیله‌ی وزن خودش ، با اثر لبه‌های بیلچه یا دندانه‌های آن طراحی می‌شود. کنترل عملیات لایروبی در طول انجام مخصوصاً وقتی لایروبی در سطح شیب‌دار مثلا در خاکریز یا در حاشیه ساحل باشد، مشکل وخیم ایجاد می‌نماید. پیشرفت‌های اخیر در کنترل‌های الکتریکی در ارتباط با GPS حفاری مناسب را تسهیل می‌نماید. سنسورهای نصب شده روی انتهای پایه‌های لایروب یا بازوهای آن سرلایروبی را به کنترل سه بعدی قادر می‌سازد.

٤-٤-٣ قایق های یدک کش

یدک کش ها انواع پایه ای متعددی دارند . قایق های یدک کش اقیانوس پیما دور برد توانایی عملیات ۲۰ تا ۳۰ روزه بدون سوخت گیری را دارند . آنها برای حرکت به همه نقاط دنیا و انجام یدک کشی های بزرگ طراحی می شوند . برخی از این شناور ها ممکن است تا ۸۰ متر طول داشته و ۱۶ تا ۲۰ خدمه را حمل نماید . آنها بدون بار می توانند با سرعت ۱۲ تا ۲۰ نات حرکت کنند. یدک کش ها اغلب با عنوان اسب بخار تشریح می شوند اما این ممکن است اشتباه شود . توان اسمی اسب بخار (IHP) اندازه کاری است که در سیلندر ها انجام می گیرد . توان اسب بخار محوری کار واقعی تحویلی به شیفت پروانه بوده و ممکن است ۱۵ تا ۲۰ درصد کمتر از IHP باشد . انواع یدک کش های دور برد ، نرخ توان اسمی (IHP) در حدود ۴۰۰۰ تا HP ۲۲۰۰۰ دارند .

((نیروی بولارد))مقیاس خیلی مهمی می باشد که برابر با نیرویی است که وقتی قایق با حداکثر قدرت در دریا حرکت می کند و طی آن طناب مهار ثابت مانده و حفظ شده است به قایق اعمال می گردد . یک نسبت بین نیروی بولارد و توان اسمی وجود دارد :

هر IHP ۱۰۰۰۰ قایق می تواند به ۱۰۰ تا ۱۴۰ تن نیروی بولارد استاتیکی وارد کند . اما این نسبت با اندازه پروانه ها ، یک یا دو پروانه ای و آب خور قایق یدک کش تغییر می نماید . نیروی بولارد موثر با افزایش سرعت در آب منحرف می گردد . (شکل ۴-۲۶) بیشتر یدک کش ها نیروی بولارد بیش از ۳۰۰ تن را دارند .



شکل ۴-۲۶: اثر سرعت بر روی نیروی کششی یدک کش

یدک کش های بزرگ اقیانوس پیما با پیشرفته ترین تجهیزات ناو بر تجهیز شده اند :

GPS ، رادار مسافت سنج دریایی، رادار، موقعیت یاب الکتریکی، سونار. آنها قادرند بوسیله رادیو های صوتی با تمام دنیا ارتباط بر قرار کنند .

طول کوتاهترین و پایدار ترین و قوی ترین طرح قایق های برای عملیات ویژه در منطقه عملیاتی مخصوص مثلاً در دریای شمال است . این قایق ها خیلی مانور پذیر بوده و اغلب مجهز به پروانه متغیر هستند که آنها را قادر می سازد تا موتور با تمام قدرت در طی عملیات تثبیت موقعیت بحرانی کار کند . همچنین آنها پیشرانه سینه(Bow thruster)مجهز می‌شوند تا بتوانند در مواقعی که به جلو نمی روند در جا بچرخند.

محدوده یدک کش های اقیانوس پیما از ۴۰۰۰ اسب بخار برای استفاده در آب های آرام تا ۱۱۰۰۰ اسب بخار برای تمام آب های اقیانوس ها و تا ۲۲۰۰۰ برای یدک کشی سکو های فرا ساحل است .محدوده یدک کشی های ساحلی از ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ اسب بخار است. شکل ۴-۲۷ فعالیت بیش از ۵ یدک کش بزرگ در کنار هم برای یدک کشی سکوی ۶۰۰۰۰۰ تنی را نشان می دهد.

شکل ۴-۲۷

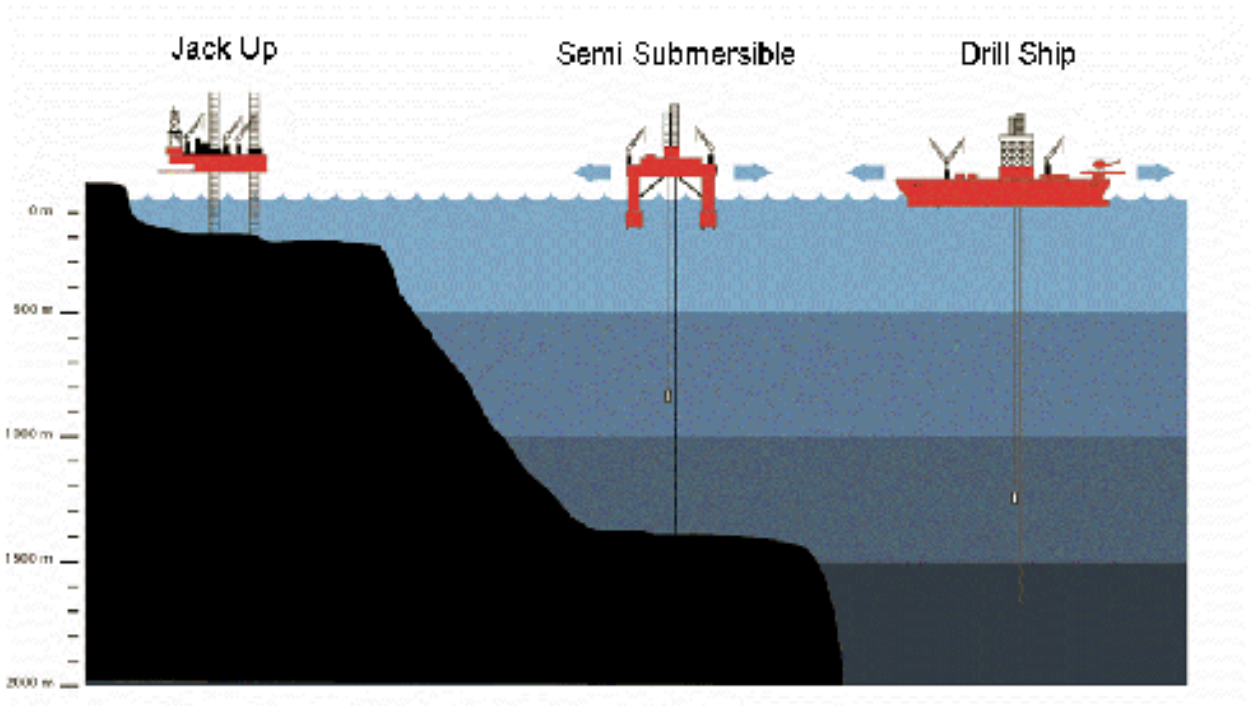
همچنین یک سری یدک کش ها در نواحی قطبی استفاده می گردند که علاوه بر یدک کشی قادرند یخ گذر گاه ها را نیز بشکنند.در ساختار قسمت سینه این ها از ضربه گیر های تقویت شده استفاده می گردد.

شکل۴-۲۶: یدک کش نواحی قطبی

٤-٤-٤ شناور های حفاری

این نوع شناورها اغلب برای حفاری‌های اکتشافی در موقعیت در دسترس بوده و استفاده می‌گردند. این‌ها شناورهای فراساحل بزرگ ، با تجهیزات کامل شامل لوازم مناسب مهار می‌باشند. شناورهای حفاری ابزار بالابر سنگین برای بلند کردن مستقیم دارند. آن‌ها قابلیت کار کردن در آب‌های عمیق را داشته و از اینرو برای اکثر فعالیت‌های سازه‌ای فراساحل، از نصب قالب زیر دریا تا تعمیر خطوط لوله و تسطیح بستر دریا استفاده می‌شوند.

شناورهای حفاری فراساحل با توجه به توضیحات بالا قابلیت شناوری در زیر آب را نیز دارند و ممکن است با توجه به اسکلت آن زاویه‌ی رول را کاهش دهد. با این وجود این نوع شناورهای به شکل کشتی واکنش بیشتری در رول نسبت به نوع زیر دریایی خود دارند. جرثقیل حفاری با یک جرثقیل بالابر بزرگ با حدود ۵۰۰ تن بالابری مستقیم تجهیز می‌شوند و اغلب با یک متعادل کننده‌ی Heave مجهز می‌گردند.



شکل۴-۲۷: چند سازه‌ی ثابت و متحرک حفاری

٤-٤-٥ ماشین آلات بتن ریزی شناور

این ماشین آلات بر روی یک بارج شناور مخصوص کار سنگین که مجهز به خطوط مهار یا لنگر برای نگهداری بارج در موقعیت می‌باشند نصب می‌گردند. این نوع ماشین آلات سطحی مخازن بزرگی برای مصالح ریز و درشت، خاک برای سیمان، خاکستر بادی، سرباره‌ی کوره، مخازن آب، دستگاه اندازه‌گیری ، مخلوط کننده‌ی سیمان (معمولا مخلوط کننده‌ی توربینی) و پمپ بتن دارند.

تجهیزات وزن کننده واندازه گیری بخش مهم عملیات است. مقیاس باید برای آماده شدن به طور اتوماتیک بر روی بارج نصب می‌شود. مواد برای تغذیه مخلوط باید آماده باشد. داده‌های ارسال شده از دستگاه اندازه‌گیری داده می‌شود تا قادر باشد به طور اتوماتیک از آب آزاد، رطوبت مصالح را جبران نماید. برای بارگیری مخازن جرثقیل‌های بیلچه‌ای یا مقاله‌ای استفاده می‌شوند. نقاله‌ها مصالح را از مخازن تا دستگاه اندازه‌گیری مصالح منتقل می‌کنند و پمپ‌ها و نقاله‌ها آب و مواد ساخت سیمان را انتقال می‌دهند.

شکل ۴-۲۷: ماشین آلات بتن ریزی شناور

مصالح، آب و مواد ساخت سیمان توسط بارج به دستگاه بتن‌ساز شناور تحویل داده می‌شوند. در این زمان ممکن است دو یا سه بارج در اطراف دستگاه بتن‌ساز شناور مهار شده باشند. از این‌رو سیستم مهاربندی باید به اندازه‌ی کافی محکم باشد تا شناور را در موقعیت نگه دارد. یک جرثقیل روی عرشه ممکن است برای نصب یا جابجا نمودن لوله‌ی انتقال سیمان استفاده شود و یا ممکن است برای انجام این کار از یک بارج جرثقیل دار جدا گانه استفاده شود.

منابع و مأخذ:

[1]: Ben C. Gerwick , Jr. construction of marine and offshore structures, second edition/ Ben C. Gerwick Inc.1999

[2]: محمد سعید سیف , سازه های دریایی , انتشارات هرمزگان , ۱۳۷۶

[3]: مصطفی زین الدینی , طراحی و اجرای سکو های ثابت نفتی , انتشارات مرکز ملی اقیانوس‌شناسی , ۱۳۸۴