١١٥١٦٨

دانشگاه شهید باهنر کرمان
دانشکده فنی و مهندسی
بخش مهندسی عمران

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد عمران-سازه های هیدرولیکی

مطالعه هیدرودینامیکی نیروهای وارد برسازه های حجیم دریایی

استاد راهنما:
دکتر محمد جواد خانجانی

نگارش:
سیده ام حبیبه قدسی

۱۳۸۸/۴/۲۱
مرکز اطلاعات مدارک علمی دانشگاه
تهیه مدارک

شهریور ۱۳۸۷

۱۱۵۱۶۸

دانشگاه شهید باهنر کرمان

این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط احراز درجه کارشناسی ارشد به

گروه مهندسی عمران

دانشکده فنی و مهندسی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی شود.

دانشجو: سیده ام حبیبه قدسی

استاد راهنما: دکتر محمدجواد خانجانی

داور ۱: دکتر غلامعباس بارانی

داور ۲: دکتر مسعود حسامی

معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی یا نماینده دانشکده: دکتر محمدحسین باقری پور

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان است

دانشگاه شهید باهنر
کرمان
اداره تحصیلات تکمیلی

تقدیم به:

مادر و پدرم

آنان که آهنگ مهر را برایم زمزمه کردند

شکیبایی شما را می ستایم

با تقدیم و تکریم

قبل ازهر چیز باید از زحمات مادر و پدر عزیزم که هر چه دارم از آنهاست تقدیر وتشکر نمایم. لازم می دانم از زحمات و تلاش های استاد گرانقدر جناب آقای دکتر محمد جواد خانجانی که راه درست تحقیق و پژوهش را به من نشان دادند قدردانی نمایم .همچنین از تمام دوستانی که مرا در تهیه وچاپ این پروژه یاری کردند نیز کمال تشکر و قدردانی را دارم.

چکیده

Caisson ها بعنوان سازه های حجیم دریایی معمولا سطح ایستایی در کف کانالها و سواحل برای سازه های دریایی ایجاد می کنند. برروی این سطح ایستایی می توان پل، ساختمان و سیستم های اندازه گیری و... نصب نمود. در این مطالعه الگوی جریان و مکانیزم آبشستگی در جلوی دماغه و اطراف Caisson مورد بررسی قرار گرفت . برای مدل کردن Caisson در آزمایشگاه از قطعه ای مستطیل شکل از جنس چوب به ابعاد ۶۰ × ۳۵ ×۱۵ سانتیمتر مکعب استفاده گردید. با قرار دادن قطعه چوبی در وسط کانال بر روی رسوبات یکنواخت، میدان جریان در اطراف پایه به تصویر کشیده شد. تغییرات سرعت در جلو، اطراف و پشت پایه چوبی(Caisson)که بصورت گردابه های چرخشی شکل می گیرند و موجب انتقال رسوب از بالادست به پایین دست کانال می شوند بررسی گردید. این روند سبب شکل گیری حفره آبشستگی در بالادست دماغه پایه و پشته رسوبی در پایین دست Caisson می شود. در ادامه تاثیر جنس پوشش محیط پیرامون با قرار دادن Caisson در مجاورت پایه ثابتی با پوشش سیمان بر حداکثر عمق حفره آبشستگی و حداکثر ارتفاع پشته رسوبی مطالعه گردید. نتایج حاکی از وجود رابطه معکوس بین عمق و سرعت جریان با حداکثر عمق حفره آبشستگی هستند. همچنین رابطه مستقیمی بین سطح مقطع دماغه پایه و حداکثر عمق حفره آبشستگی برقرار است. سطح مقطع پایه چوبی نیز رابطه معکوسی با حداکثر عمق حفره آبشستگی دارد. ادامه بررسی ها بیانگر وجود رابطه مستقیمی بین عمق و سرعت جریان و سطح مقطع دماغه پایه با حداکثر ارتفاع پشته رسوبی هستند. در همین راستا رابطه معکوسی بین سطح مقطع پایه و حداکثر ارتفاع پشته رسوبی حاکم است. نتایج حاکی از افزایش حداکثر عمق حفره آبشستگی و ارتفاع پشته رسوبی در حالت مجاورت پایه چوبی و پایه ثابت با پوشش سیمان می باشد.

فهرست مطالب

فصل اول:کلیات ۱

۱-۱-مقدمه ۲

۱-۲-ویژگی های caisson ها ۴

۱-۲-۱-ابعاد caisson ها ۵

۱-۲-۲-خواص هیدرواستاتیکی caisson ها ۶

۱-۲-۳-خواص هیدرودینامیکی caisson ها ۶

۱-۳-معیار های طراحی ۶

۱-۴- سیستم نگهدارنده و مهارکننده ۷

۱-۴-۱- موقعیت رشته های نگهدارنده ۷

۱-۴-۲-ساخت رشته های نگهدارنده ۹

۱-۴-۳-انتخاب سیستم مهارکننده ۱۱

۱-۵-نیروهای حاکم ۱۱

۱-۶-ساخت و نصب caisson ۱۱

۱-۶-۱-مراحل ساخت ۱۲

۱-۶-۲-به آب انداختن و استغراق ۱۳

فصل دوم: معادلات حاکم ۱۵

۲-۱-مقدمه ۱۶

۲-۲-تئوری های محاسبه نیروی موج وارد بر سازه های دریایی ۱۶

۲-۲-۱- تئوری موریسون ۱۷

۲-۲-۲-روش فرود- کریلوف ۲۰

۲-۲-۳-تئوری تفرق ۲۲

فصل سوم: حل تحلیلی معادلات حاکم ۲۵
۱-۳-مقدمه ۲۶
۲-۳-نیروی موج وارد بر پایه های حجیم دریایی ۲۷

فصل چهارم: حل عددی معادلات حاکم ۳۷
۱-۴-مقدمه ۳۸
۲-۴-مدل ریاضی ۳۹
۳-۴-پتانسیل سرعت Radiated ۴۰
۱-۳-۴-مسئله تفرق Radiation ۴۰
۲-۳-۴-حل مسئله ۴۲
۴-۴-پتانسیل سرعت Diffracted ۴۴
۱-۴-۴-معادلات حاکم و شرایط مرزی ۴۴
۲-۴-۴-حل مسئله ۴۵
۵-۴-نیروهای امواج و ضرایب هیدرودینامیکی ۴۷
۱-۵-۴-نیروهای ناشی از برخورد امواج ۴۷
۲-۵-۴-جرم های افزوده شده و ضرایب میرایی ۴۷
۶-۴-محاسبه دامنه ۴۸
۷-۴-نیروهای هیدرودینامیکی ۵۰

فصل پنجم: مطالعه الگوی جریان و مکانیزم آبشستگی با مدل آزمایشگاهی ۵۲
۱-۵-مقدمه ۵۳
۲-۵-مشخصات مدل ۵۵
۳-۵- رسوب بستر ۵۷

۴-۵-مشخصات جریان ۵۸
۵-۵-دستگاه اندازه گیری عمق آبشستگی ۶۰
۶-۵- دستگاه اندازه گیری سرعت ۶۱
۷-۵-زمان مورد نیاز برای آزمایش ها ۶۲
۸-۵-معرفی مدل و آزمایش ها ۶۳
۹-۵-نحوه اجرای آزمایش ها ۶۸
۱۰-۵-رژیم جریان حول پایه و پدیده شکست گردابه ۷۰
۱۱-۵-الگوی جریان و مکانیزم آبشستگی ۷۴
۱۲-۵-تغییرات خطوط جریان در اطراف پایه چوبی ۷۸
۱۳-۵-تغییرات توپوگرافی بستر ۸۲
۱۴-۵-تغییرات پروفیل های عرضی حفره آبشستگی ۸۹
۱۵-۵-تغییرات پروفیل های طولی حفره آبشستگی ۹۲
۱۶-۵-تاثیر زبری بر الگوی جریان و مکانیزم آبشستگی ۹۸
۱-۱۶-۵-معرفی مدل و آزمایش ها ۹۸
۲-۱۶-۵-تغییرات خطوط جریان در اطراف پایه چوبی ۱۰۲
۳-۱۶-۵-تغییرات توپوگرافی بستر ۱۰۳
۴-۱۶-۵-تغییرات پروفیل های عرضی حفره آبشستگی ۱۰۶
۵-۱۶-۵-تغییرات پروفیل های طولی حفره آبشستگی ۱۰۸

فصل ششم:بحث و نتیجه گیری ۱۱۱
۱-۶-نتیجه گیری ۱۱۲
۲-۶-پیشنهادها ۱۱۴
مراجع ۱۱۵
پیوست ۱۱۸

فصل اول

کلیات

۱-۱-مقدمه

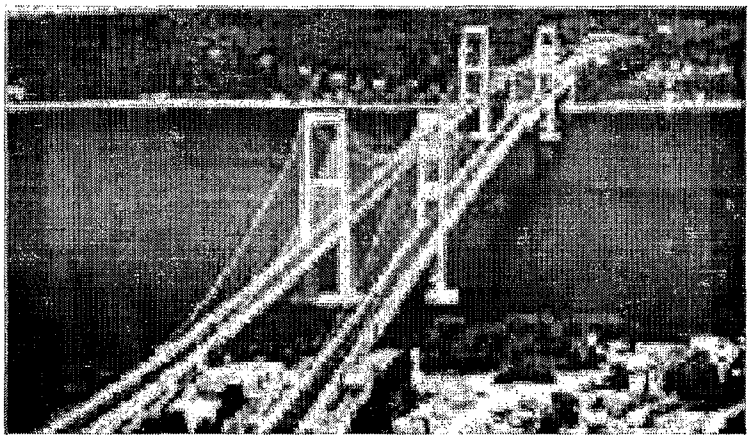
Caisson ها بعنوان سازه های حجیم دریایی معمولا سطح ایستایی در کف کانالها و سواحل برای سازه های دریایی ایجاد می کنند. برروی این سطح ایستایی می توان پل، ساختمان و سیستم های اندازه گیری و... نصب نمود. به دلیل اندازه بزرگ این سازه ها، ساخت این سازه ها با بتن ریزی درجا در حالت شناور صورت می گیرد. در طول مدت ساخت این سازه های حجیم شناور، به منظور مقابله با امواج و جریانات محیطی متداول در محل ساخت مهار می شوند. از آنجاییکه اهرم های نگهدارنده سازه های حجیم (Caisson) درطول ساخت تغییر می کنند این سیستم باید توانایی نگهداری سازه های دریایی را در همه حال را داشته باشد. یکی از مراحل ساخت رسیدن به عمقی مطلوب در کف رودخانه است که تعادل سازه دریایی (Caisson) را تامین کند.

طراحی و ساخت این پایه ها ی در جا و سیستم نگهداری آنها نیازمند ویژگی های فنی بسیاری است.

این فصل شامل کلیه مراحل پروژه از شروع به ساخت تا مرحله نصب به انضمام خواص هیدرواستاتیکی و هیدرودینامیکی سازه های حجیم دریایی (Caisson)، انتخاب سیستم نگهدارنده، ساخت و استغراق می باشد.

از نمونه های بارز این سازه های حجیم می توان به پل معلق جدید در ساحل رودخانه تاکوما (Tacoma) در سیاتل آمریکا اشاره کرد. این پل جدید بر روی دو پایه (Caisson)

احداث شده است, پایه شرقی تاکوما (Tacoma) و پایه غربی در نزدیکی بندر Gig . در نزدیکی محل پیشنهادی احداث پل جدید در فاصله ۵۶ متری جنوب پل قدیمی ساخته شده است. پل جدید تاکوما (Tacoma) بصورت معلق طراحی شده است و بصورت موازی با پل قدیمی عبور و مرور وسایل از روی آن صورت می گیرد. و با طولی در حدود ۱/۶۵ کیلومتر طویل ترین پل معلق مهمی بصورت موازی و تقریبا مجاور با یک پل قدیمی ساخته شده است.



شکل۱- قرارگیری پل جدید در سمت چپ پل فعلی در ساحل سیاتل، پل جدید در فاصله ۵۶ متری جنوب پل با طولی در حدود ۱/۶۵ کیلومتر بصورت موازی و تقریبا مجاور با پایه فعلی قرار گرفته است.((Chakrabarti(۲۰۰۶)

عمق آب رودخانه ظاهرا برای پایه غربی (Caisson) ۳۹/۶ متر و برای پایه شرقی ۴۳/۹ متر می باشد و سیستم نگهدارنده به طور متغیر در عمق ۱۲/۲ متری برای جاهای کم عمق، در عمق ۵۹/۷ متری برای جاهای عمیق می باشد. در طول مدت ساخت پایه های شناور، برای

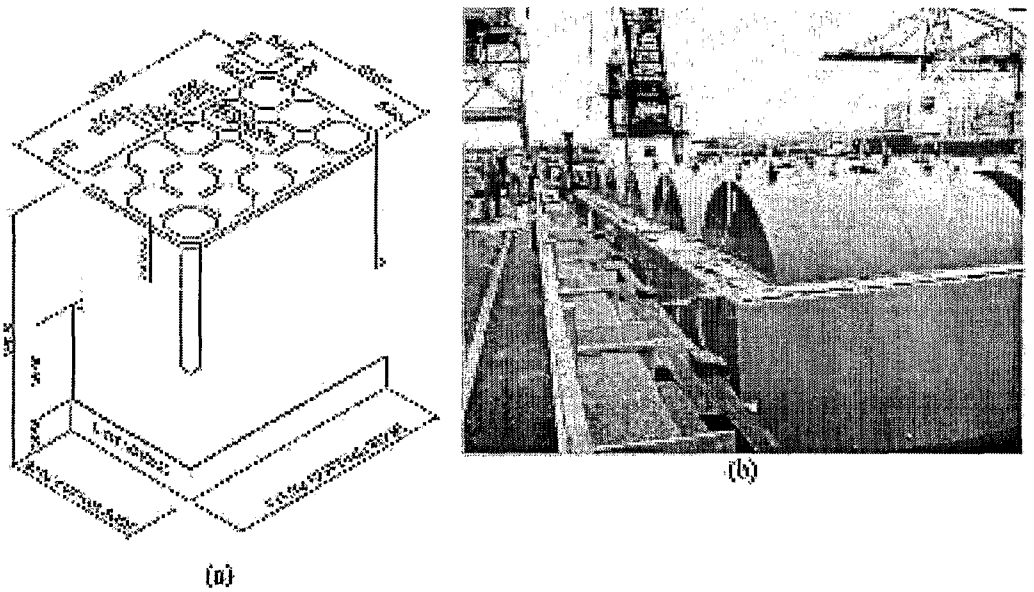
مقابله با جریانات سیلاب و جزر و مد رود خانه در محل ساخت تحت سیستم نگهدارنده پابر جا بوده اند. همچنین پایه ها در طول مدت ساخت در حال تغییر مشخصات فیزیکی بوده اند، طرح های پیشنهادی برای پایه غربی به تربیت ۱۴/۳، ۱۵/۵، ۱۸/۶، ۲۰/۴، ۱/ ۲۴، ۲۷/۴، ۲۹/۹، ۳۱/۴، ۳۷/۵ و۴۳/۶ متر بوده اند. و برای پایه شرقی این میزان ۴۴/۸ متر بعلاوه ۲/۱ متر در حالت مد بوده است.

انجام آزمایشات و تحلیل و بررسی عملکرد سازه های شناور که تحت تاثیر سیستم نگهدارنده قرار دارند مانند سازه های دریایی معمول نمی باشد. مقالات بسیاری در این زمینه به چاپ رسیده است. با این وجود ویژگیهای زیادی وجود دارند که این طراحی را منحصر بفرد می کند. جریان های قوی گذرا از روی پایه های دریایی (Caisson) مستطیلی تنها موجب به وجود آمدن نیروهای یکنواخت نمی شوند بلکه نوسانات جریانات اطراف موجب به وجود آمدن نیروهای چرخشی نیز می شود. بخاطر مجاورت پایه های جدید (Caisson) با پایه های قبلی و تغییر توپوگرافی بستر یکسری جریانات مجزا قابل توجه به وجود آمده که باعث تولید نیروهای دینامیکی وارد برپایه های جدید(Caisson) می شوند. نیروهای موجود با عدد رینولدز فوق بحرانی برای محاسبات عددی و آ زمایشات عملی پیچیده می شوند.((Chakrabarti and McBride (۲۰۰۴)

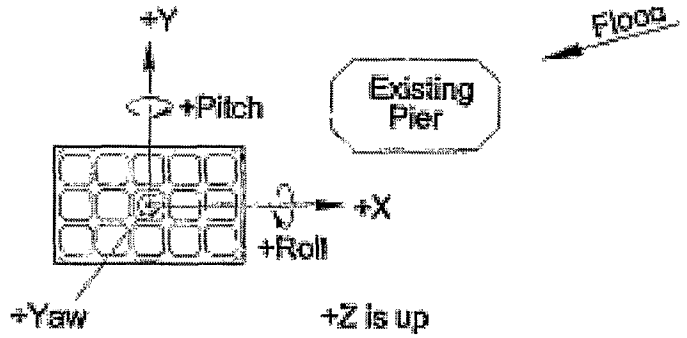
۲-۱-ویژگی های پایه (Caisson)

۱-۲-۱-ابعاد پایه (Caisson)

هر دو پایه شرقی و غربی دارای عرضی در حدود ۲۴/۴ متر (۸۰ft) و طول ۳۹/۶ متر (۱۳۰ft) در پلان هستند. پایه های دریایی (Caisson ها) پلها در چند لایه ساخته و قالب گیری می شوند، ابتدا با عمق ۵/۵ متر سپس با ارتفاع ۳/۷ متر و سپس در لایه های متعددی که ارتفاع هر کدام ۳ متر می باشد. پایه ها (Caisson) بعد از قالب گیری در محل ساخت به طرف بندر کشیده می شوند. فاصله پیش بینی شده برای کشیدن پایه ها (Caisson) ۱۴/۳ متر می باشد. ابعاد پایه (Caisson) در شکل ۲ نمایش داده شده است.



شکل۲- نمایش ابعاد caisson (عرض۲۴/۴ متروطول۳۹/۶ متر) پایه ها در لایه های عمودی که عمق تراز اولیه ۵/۵ متر و ترازهای میانی با عمق۳/۷ متر عمق و ترازهای بالایی با عمق ۳ متر ساخته می شوند. (Chakrabarti(۲۰۰۶))



شکل۳-موقعیت نسبی پایه فعلی و caisson. caisson در فاصله ۵۶ متری جنوب پل با طولی در حدود ۱/۶۵ کیلومتر بصورت موازی و تقریبا مجاور با پایه فعلی. ((۲۰۰۶)Chakrabarti)

۲-۲-۱-خواص هیدرواستاتیکی پایه (Caisson)

خواص هیدرواستاتیکی پایه ها شامل: جابجایی، مرکز جرم، مرکز شناوری و فاصله متاسنتریک (GM) است.

۳-۲-۱-خواص هیدرودینامیکی پایه (Caisson)

خواص هیدرودینامیکی پایه ها شامل: جرم افزوده شده و میرایی ناشی از نوسانات جریانات اطراف می باشد.

۳-۱-معیار های طراحی

از آنجا که رودخانه تاکوما (Tacoma) تحت تاثیر جزر و مد است، چرخه جریان موجود در خلاف جهت جریان ناشی از سیلاب و جزر و مد می باشد. سرعت این جریانات در رودخانه بسیار بالاست. در ابتدای طراحی سرعت جریان در موقع سیلاب ۴/۲ m/s و در

مواقع جزر و مد m/s ۳/۶ انتخاب شد. در طول مدت طراحی با انجام آزمایشات در محل ساخت مشخص شد که سرعت جریان در سایت از مقدار پیش بینی شده بسیار کمتر است. بدین منظور سرعت طراحی به میزان m/s ۳/۹ در مواقع سیلاب و m/s ۲/۹ در هنگام جزر و مد کاهش پیدا کرد. ویژگی های زیادی وجود دارند که این طراحی را نسبتا" منحصر بفرد می سازد.

۴-۱- سیستم نگهدارنده و مهارکننده

۱-۴-۱- موقعیت رشته های نگهدارنده

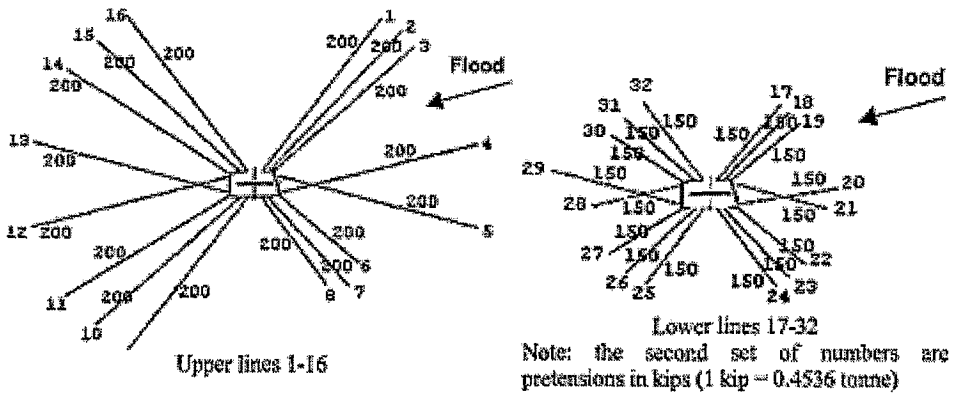
استفاده یک سیستم منفرد نگهداری پایه (Caisson) برای کنترل پیچش در جهت x و y جوابگو نمی باشد. بلکه استفاده از چند موقعیت برای کنترل حرکت و میزان نیروی کششی هم سبکتر و هم بهتر است. بنابراین از سیستم نگهدارنده شامل ۳۲ رشته در دو دسته مرتبط به دو تراز در بالا و پایین پایه (Caisson) استفاده می شود. هر مجموعه شامل ۱۶ رشته نگهدارنده می باشد.

مجموعه رشته های پایینی محدوده ای به شعاع ۹۱/۴ متر را تشکیل می دهند. موقعیت نسبت های نگهدارنده رشته های پایینی در هنگام ساخت طوری ساخته می شود که غیر قابل تغییر باشد. این رشته ها وقتی که پایه (Caisson) از سوی بندر کشیده می شود یا در محل سایت قرار داده می شود عمل می کنند. مجموعه رشته های بالایی محدوده ای به شعاع

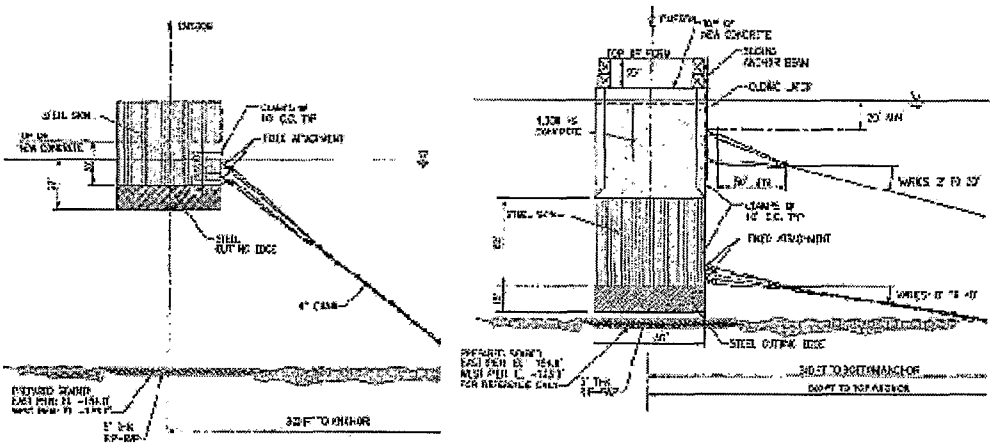
۱۸۲/۸ متر را تشکیل می دهند. (به جز سه رشته). موقعیت ارتفاعی نسبت های مربوط به رشته های بالایی بر اساس نقشه پیش طراحی پایه (Caisson) است. رشته های بالایی وقتی که پایه (Caisson) به ارتفاع ۲۴ متر رسید نصب می شوند.

موقعیت قرارگیری رشته های افقی سیستم نگهدارنده در شکل ۴ نشان داده شده است.

مکان قرار گیری بست ها نیز در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل۴ – موقعیت پلان قرارگیری رشته های نگهدارنده. رشته ها در دو تراز بالا و پایین که هر کدام شامل ۱۶ رشته نگهدارنده می باشدتفکیک گردیده اند. رشته های پایینی محدوده ای به شعاع ۹۱/۴ متر را تشکیل می دهنددر صورتیکه رشته های بالایی محدوده ای به شعاع ۱۸۲/۸ متر را تشکیل می دهند (به جز سه رشته). (Chakrabarti(۲۰۰۶))



شکل۵ – موقعیت برش عرضی قرارگیری بست های مهارکننده و رشته های نگهدارنده. رشته های بالایی وقتی پایه (Caisson) به ارتفاع ۲۴ متر رسید نصب می شوند. ((۲۰۰۶)Chakrabarti)

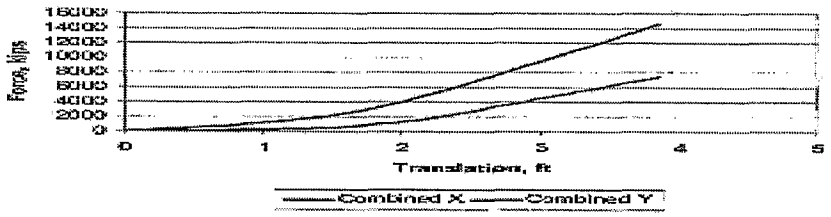
۲-۴-۱-ساخت رشته های نگهدارنده

در هنگام ساخت رشته های نگهدارنده طوری انتخاب می شوند که خواص یکسانی داشته باشند. همچنین محیط دریایی قرارگیری رشته ها در انتخاب نوع جنس آنها تاثیر گذار است. رشته های بالایی از ترکیبی از سیم و زنجیر و رشته های پایینی تنها از زنجیر ساخته شده اند. رشته های پایینی و سه رشته از مجموعه رشته های بالایی دارای قطر ۹۵ میلیمتر(۳ ۳/۴in) هستند. بقیه رشته ها از مجموعه رشته های بالایی دارای طول ۱۸/۳ متر(۶۰ft) طول و دارای قطر ۱۰۲ میلیمتر(۴in)می باشند.

موقعیت قرارگیری رشته های نگهدارنده بالایی و پایینی در شکل ۵ نشان داده شده است. مجموعه رشته های پایینی روی پایه (Caisson) ثابت شده اند. موقعیت قرارگیری رشته های بالایی بر اساس حالت تعادل پایه (Caisson) تعیین می شوند.

سختی کلیه ۳۲ رشته بکار گرفته شده در سیستم نگهدارنده در دو جهت متعامد در شکل ۶ نشان داده شده است. توجه داشته باشید که سختی رشته ها بصورت غیر خطی است.

مقاومت رشته های بالایی ۷۵۴/۸ تن (به جز سه رشته) و مقاومت رشته های پایینی بعلاوه سه رشته از مجموعه رشته های بالایی ۷۹۳/۸ تن می باشد. ضریب اطمینان برای موارد الاستیک ۱/۶۷ و برای موارد پلاستیک ۱/۲۵ می باشد. با استفتده از این ضرایب اطمینان مقدار مقاومت کششی مجاز رشته ها در جدول ۱ نشان داده شده است. لازم به ذکر است که مقدار ضریب اطمینان در این نوع طراحی ها به طور محافظه کارانه برابر ۲ است.



شکل۶- نمایش سختی رشته های نگهدارنده, سختی رشته ها بصورت غیر خطی با افزایش نیروی کششی وارد بر رشته ها رشد می کند. ((۲۰۰۶)Chakrabarti)

جدول۱- کشش مجاز رشته ها در دو تراز بالایی وپایینی

Lines	Intact (FOS=1.67)	Damage (FOS=1.25)
Upper	452.0	603.8
Lower	475.3 -	635.0

۳-۴-۱-انتخاب سیستم مهارکننده

هر رشته بوسیله یک قلاب در بستر دریا نگهداشته شده است. این رشته ها بصورت شعاعی در اطراف پایه (Caisson) آرایش یافته اند. برای مقابله با نیروهای پسا(Drag) وارده از طرف جریانات اطراف در همه موارد این رشته ها در جهت شعاع بر روی هم قرار گرفته اند.

در ارزیابی برای انتخاب بهترین سیستم نگهدارنده چهار معیار به طور همزمان مورد توجه قرار می گیرد: ایمنی، قیمت، میزان اعتماد و برنامه زمانی.

۵-۱-نیروهای حاکم

دو روش امکان پذیر برای تعیین نیروهای دارای ۶ درجه آزادی بصورت زیر پیشنهاد شده است: تحلیل دینامیکی سیال (CFD) و شبیه سازی پایه (Caisson) ثابت ساخته شده در مقیاسی معین.

۶-۱-ساخت و نصب پایه **(Caisson)**

پایه (Caisson) بعد از ساخت برای مرحله شناور شدن در عمق مشخصی از کف رودخانه انتقال داده می شود. چهار یدک کش برای حمل پایه (Caisson) به وزن ۱۲۷۰۰ تن در