



جمهوری اسلامی ایران

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور

دستورالعمل طراحی

سازه‌های ساحلی

بخش هفتم: تجهیزات محافظت

بنادر

نشریه شماره ۶۳۶

معاونت نظارت راهبردی

امور نظام فنی

nezamfanni.ir

وزارت راه و شهرسازی

سازمان بنادر و دریانوردی

معاونت توسعه و تجهیز بنادر

اداره کل مهندسی سواحل و بنادر

<http://coastseng.pmo.ir>



بسمه تعالی

معاون برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور

شماره:	۹۲/۲۷۲۷۹
تاریخ:	۱۳۹۲/۰۴/۰۲
بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	
موضوع: دستورالعمل طراحی سازه‌های ساحلی بخش هفتم- تجهیزات محافظت بندر	
به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و مواد (۶) و (۷) آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی- مصوب سال ۱۳۵۲ و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (موضوع تصویب‌نامه شماره ۴۲۳۳۹/ت-۳۳۴۹۷-هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۶۳۶ امور نظام فنی، با عنوان «دستورالعمل طراحی سازه‌های ساحلی، بخش هفتم- تجهیزات محافظت بندر» از نوع گروه دوم ابلاغ می‌شود تا از تاریخ ۱۳۹۲/۷/۱ به اجرا درآید. یادآور می‌شود نشریات ابلاغی از نوع گروه دوم مطابق بند (۲) ماده (۷) آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی، مواردی هستند که بر حسب مورد مفاد آنها با توجه به کار مورد نظر و در حدود قابل قبولی که در آن نشریه‌ها تعیین شده ضمن تطبیق با شرایط کار، مورد استفاده قرار می‌گیرند. امور نظام فنی این معاونت در مورد مفاد نشریه پیوست، دریافت کننده نظرات و پیشنهادات اصلاحی مربوط بوده و عهده‌دار اعلام اصلاحات لازم به طور ادواری خواهد بود.	
بهرز مرادی 	

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی

امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور و سازمان بنادر و دریانوردی، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این نشریه کرده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده‌اند. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط‌های مفهومی، فنی، ابهام، ابهام و اشکالات موضوعی نیست.

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

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

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

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

۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

کارشناسان مربوطه نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت. پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه:

۱- امور نظام فنی:

تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی‌علی‌شاه، مرکز تلفن ۳۳۲۷۱، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، امور نظام فنی.

Email: info@nezamfanni.ir

web: Nezamfanni.ir

۲- سازمان بنادر و دریانوردی-معاونت توسعه و تجهیز بنادر- اداره کل مهندسی سواحل و بنادر:

تهران، میدان ونک، بزرگراه شهید حقانی، بعد از چهارراه جهان کودک، خیابان دکتر جعفر شهیدی، ساختمان سازمان بنادر و دریانوردی، طبقه ششم، اداره کل مهندسی سواحل و بنادر.

Email: cped@pmo.ir

web: coastseng.pmo.ir

پیشگفتار

استفاده از ضوابط و معیارهای فنی در مراحل امکان‌سنجی، مطالعات پایه، مطالعات تفصیلی، طراحی و اجرای طرح‌های تملک سرمایه‌ای به لحاظ توجیه فنی اقتصادی طرح‌ها، ارتقای کیفیت، تامین پایایی و عمر مفید از اهمیت ویژه برخوردار است. نظام فنی و اجرایی طرح‌های تملک دارایی سرمایه‌ای کشور، موضوع تصویب نامه شماره ۴۲۳۳۹/ت/۳۳۴۹۷ هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران و آیین‌نامه استانداردهای اجرایی موضوع ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه ناظر بر به‌کارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل مختلف طرح‌ها می‌باشند.

بنابر مفاد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه، معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی موظف به تهیه و ابلاغ ضوابط، مشخصات فنی، آیین‌نامه‌های فنی و معیارهای مورد نیاز طرح‌های عمرانی کشور است، لیکن با توجه به تنوع و گستردگی طرح‌های عمرانی و افزایش ظرفیت تخصصی دستگاه‌های اجرایی طی سالیان اخیر در تهیه و تدوین این‌گونه مدارک فنی از توانمندی دستگاه‌های اجرایی نیز استفاده شده است. بر این اساس و با اعلام لزوم بازنگری نشریه شماره ۳۰۰ با عنوان «آیین‌نامه طراحی بنادر و سازه‌های دریایی ایران» و آمادگی سازمان بنادر و دریانوردی به‌عنوان دستگاه اجرایی مربوط، کار تدوین مجدد دستورالعملی برای طراحی سازه‌های ساحلی با مدیریت و راهبری سازمان بنادر و دریانوردی به انجام رسید.

سازمان بنادر و دریانوردی در راستای وظایف قانونی و حاکمیتی خود در سواحل، بنادر و آبراه‌های تحت حاکمیت کشور مبنی بر ساخت و توسعه و تجهیز بنادر کشور و نیز صدور هرگونه مجوز ساخت‌وساز دریایی و به‌پشتوانه مطالعات و تحقیقات صورت پذیرفته در بخش مهندسی سواحل و بنادر ازجمله مطالعات پایش و شبیه‌سازی سواحل کشور، شبکه اندازه‌گیری مشخصه‌های دریایی و طرح مدیریت یکپارچه مناطق ساحلی کشور (ICZM) و به منظور ایجاد زمینه‌های لازم برای طراحی و احداث سازه‌ها و تاسیسات دریایی مطمئن و با دوام در سطح کشور لازم دید تا نشریه ویژه طراحی سازه‌های ساحلی تدوین شود و در این کار مدیریت تهیه و تدوین را به‌عهده گرفت.

آن سازمان کار تدوین دستورالعمل طراحی سازه‌های ساحلی را با همکاری پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران به انجام رساند و با تشکیل کمیته‌هایی از دیگر کارشناسان و مهندسان مشاور، مراحل نظرخواهی ادواری و اصلاحات آن صورت پذیرفت. امور نظام فنی- معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی نیز به لحاظ ساختاری در تنظیم و تدوین متن نهایی اقدام نمود.

دستورالعمل طراحی سازه‌های ساحلی به منظور ایجاد هماهنگی و یکنواختی در معیارهای طراحی، ساخت، نظارت و اجرای سازه‌های ساحلی و پروژه‌های موضوع آن دستورالعمل، و همچنین رعایت اصول، روش‌ها و فناوری‌های متناسب با تجهیزات کاربردی و سازگار با شرایط و مقتضیات کشور تهیه و تدوین گردیده و سعی شده است علاوه بر استفاده از بازخوردهای دریافتی نشریات شماره ۳۰۰، دستورالعمل‌ها و متون فنی ارائه شده با ویرایش‌های جدید استانداردها و سایر آیین‌نامه‌های ملی نیز هماهنگ شود و در مواردی که ضوابط و معیارهای ملی نظیر موجود نبوده از استانداردهای معتبر

بین‌المللی استفاده گردد. همچنین سعی شده نشریه به‌گونه‌ای تدوین شود که باتوجه به محدودیت دسترسی به متون استاندارد و آیین‌نامه‌ها و به منظور بسط و توسعه فرهنگ دانش فنی و انتقال آن به عوامل طراحی و اجرایی پروژه‌ها، محتوای دستورالعمل‌ها و ضوابط فنی لازم‌الاجرا تا حد امکان در اختیار استفاده‌کنندگان قرار گیرد.

امروزه حدود ۹۰ درصد مبادلات تجارت جهانی از طریق دریاها و کشتیرانی انجام می‌گردد و نقش و اهمیت بنادر به عنوان حمل‌ونقل دریایی در پاسخ‌گویی به این حجم عظیم اعم از کالا و مسافر بیش از پیش نمایان می‌شود. در کشورهای همجوار با دریا، سواحل به‌عنوان کانون فعالیت‌های اقتصادی اعم از تجارت، صنعت و حمل‌ونقل کالا و مسافر، تفریحی، گردشگری و شیلات و پرورش آبزیان محسوب گردیده و در همه حال فرصت‌های ایده‌آلی را برای توسعه اقتصادی و سرمایه‌گذاری‌های کلان فراهم می‌سازد. وجود قریب به ۵۸۰۰ کیلومتر طول سواحل کشور سبب شده است تا طی دهه‌های اخیر سرمایه‌گذاری‌های قابل توجهی در جهت ساخت و توسعه سازه‌ها و تاسیسات ساحلی و دریایی صورت پذیرد و فاصله پیشرفت‌های قابل توجه در علمی و فنی و اجرائی در زمینه طراحی و ساخت بنادر، احداث سازه‌های ساحلی نظیر موج‌شکن، اسکله، ابنیه حفاظتی و تجهیزات دریایی و بندری و سایر تاسیسات ساحلی و فراساحلی، به نحوی که متضمن تردد ایمن شناورها باشد، حاصل گردد. رفع مشکلات فنی و اجرایی احداث انواع سازه‌های ساحلی و فراساحلی در محیط دریا و صرف هزینه‌های هنگفت اینگونه سازه‌ها و تاسیسات مهندسی اهتمام ویژه به طراحی مهندسی صحیح و مناسب بر طبق ضوابط، استانداردها و معیارهای طراحی بیش از پیش ضروری می‌سازد.

دستورالعمل طراحی سازه‌های ساحلی مشتمل بر ۱۱ بخش به شرح زیر است که هر یک موضوع نشریه‌ای مستقل می‌باشد و نشریه حاضر با شماره ۶۳۶ بخش هفتم از آیین‌نامه سازه‌های ساحلی را شامل می‌شود. همچنین مستندات مربوط به تدوین دستورالعمل موضوع نشریه شماره ۶۴۱ می‌باشد.

بخش اول: ملاحظات کلی، موضوع نشریه شماره ۶۳۰

بخش دوم: شرایط طراحی، موضوع نشریه شماره ۶۳۱

بخش سوم: مصالح، موضوع نشریه شماره ۶۳۲

بخش چهارم: قطعات بتنی پیش ساخته، موضوع نشریه شماره ۶۳۳

بخش پنجم: پی‌ها، موضوع نشریه شماره ۶۳۴

بخش ششم: کانال‌های ناوبری و حوضچه‌ها، موضوع نشریه شماره ۶۳۵

بخش هفتم: تجهیزات محافظت بندر، موضوع نشریه شماره ۶۳۶

بخش هشتم: تاسیسات پهلوگیری (مهار)، موضوع نشریه شماره ۶۳۷

بخش نهم: سایر تجهیزات بندر، موضوع نشریه شماره ۶۳۸

بخش دهم: اسکله‌های ویژه، موضوع نشریه شماره ۶۳۹

بخش یازدهم: اسکله‌های تفریحی، موضوع نشریه شماره ۶۴۰

مستندات تدوین دستورالعمل طراحی سازه‌های ساحلی، نشریه شماره ۶۴۱

این دستورالعمل مرهون تلاش و زحمات عده کثیری از متخصصین، کارشناسان، صاحب نظران و نمایندگان دستگاه‌های اجرایی بوده و نقطه عطفی در تهیه مراجع طراحی سازه‌های ساحلی به شمار می‌رود. اما باید اذعان داشت که برای رسیدن به آیین‌نامه مطلوب‌تر با توجه به شرایط محیطی و منطقه‌ای و با توجه به حجم عظیم سرمایه‌گذاری‌ها و انجام پروژه‌های متنوع، انجام مطالعات و تحقیقات گسترده‌تری در این حوزه و ایجاد سازوکار مناسبی برای بازنگری، به‌روز رسانی و توسعه این دستورالعمل ضروری است.

تمامی عوامل اجرایی که در تدوین آیین‌نامه حاضر مشارکت داشتند شایسته تقدیر و تشکر می‌باشند. آقای دکتر خسرو برگی- مجری طرح از دانشگاه تهران، آقای مهندس سید عطااله صدر- معاون وزیر و مدیر عامل، آقای مهندس رمضان عرب سالاری- سرپرست وقت معاونت فنی و مهندسی، آقای مهندس علیرضا کبریایی- معاون توسعه و تجهیز بنادر، آقای مهندس محمدرضا الهیار- مدیرکل مهندسی سواحل و بنادر همگی از سازمان بنادر و دریانوردی، آقای مهندس غلامحسین حمزه مصطفوی- رییس امور نظام فنی، اساتید دانشگاه‌ها، متخصصین و کارشناسان شرکت‌های مهندسین مشاور و پیمانکاران که بنحوی در تهیه، تکمیل و ارائه نظرات تخصصی و کارشناسی نقش موثر داشته‌اند. به این وسیله مراتب تشکر خود را از همگی این عزیزان ابراز می‌نمایم.

امید است تلاش صورت گرفته در ایجاد این اثر با ارزش به‌عنوان گامی موثر در راستای توسعه پایدار و اعتلای علمی و فناوری کشور مورد استفاده کلیه متخصصین، مهندسین مشاور، پیمانکاران و سازندگان قرار بگیرد.

معاون نظارت راهبردی

بهار ۱۳۹۲

تهیه و کنترل دستورالعمل طراحی سازه‌های ساحلی، بخش هفتم- تجهیزات محافظت بندر

[نشریه شماره ۶۳۶]

مجری و مسئول تهیه متن:

خسرو برگی دکترای مهندسی عمران دانشگاه تهران

گروه تهیه کننده به ترتیب حروف الفبا:

خسرو برگی	دکترای مهندسی عمران	دانشگاه تهران
مجید جندقی علایی	دکترای مهندسی عمران	مهندسان مشاور
علی اکبر رمضانپور	دکترای مهندسی عمران	دانشگاه صنعتی امیرکبیر
محسن سلطانپور	دکترای مهندسی عمران	دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
رضا کمالیان	دکترای مهندسی عمران	موسسه تحقیقات آب- وزارت نیرو
بهروز گتمیری	دکترای مهندسی عمران	دانشگاه تهران
سید رسول میرقادری	دکترای مهندسی عمران	دانشگاه تهران

بررسی و اظهار نظر کنندگان:

بابک بنی جمالی	دکترای مهندسی عمران	مهندسان مشاور
مرتضی بیک لریان	دکترای مهندسی عمران	
علی طاهری مطلق	دکترای مهندسی عمران	شرکت تاسیسات دریایی ایران
بهروز عسگریان	دکترای مهندسی عمران	مهندسان مشاور
عرفان علوی	دکترای مهندسی عمران	مهندسان مشاور
میراحمد لشته نشایی	دکترای مهندسی عمران	دانشگاه گیلان
شاهین مقصودی زند	کارشناس ارشد مهندسی عمران	مهندسان مشاور

مدیریت و راهبری:

سید عطاءاله صدر	کارشناس مهندسی عمران	سازمان بنادر و دریانوردی
علیرضا کبریایی	کارشناس ارشد مهندسی عمران	سازمان بنادر و دریانوردی
محمدرضا اله یار	کارشناس ارشد مهندسی عمران	سازمان بنادر و دریانوردی
رضا سهرابی قمی	کارشناس ارشد فیزیک دریا	سازمان بنادر و دریانوردی

تنظیم و آماده سازی:

سمیه شوقیان	کارشناس مترجمی زبان	سازمان بنادر و دریانوردی
مانی مقدم	کارشناس ارشد مهندسی عمران	سازمان بنادر و دریانوردی
بهروز نیرومند	کارشناس ارشد مهندسی عمران	سازمان بنادر و دریانوردی

هماهنگی ابلاغ:

علیرضا توتونچی	معاون امور نظام فنی	
حمیدرضا خاشعی	کارشناس مسئول پروژه در امور نظام فنی	

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول - کلیات	
۱-۱- ملاحظات کلی	۵
۲-۱- نگهداری	۶
فصل دوم - موج شکن	
۱-۲- کلیات	۹
۲-۲- جانمایی موج شکن	۹
۳-۲- شرایط طراحی موج شکن	۱۱
۴-۲- انتخاب انواع سازه‌ای	۱۱
۵-۲- تعیین مقطع عرضی	۱۵
۱-۵-۲- موج شکن قائم	۱۵
۲-۵-۲- موج شکن مرکب	۱۶
۳-۵-۲- موج شکن شیبدار	۱۷
۴-۵-۲- موج شکن نوع صندوقه‌ای پوشیده شده با بلوک‌های بتنی مستهلک کننده موج	۱۸
۶-۲- نیروهای خارجی برای محاسبات پایداری	۱۸
۱-۶-۲- کلیات	۱۸
۲-۶-۲- نیروی‌های موج	۱۹
۳-۶-۲- فشار هیدرواستاتیکی	۱۹
۴-۶-۲- غوطه‌وری	۱۹
۵-۶-۲- بار مرده	۱۹
۶-۶-۲- پایداری هنگام زلزله	۱۹
۷-۲- ارزیابی پایداری	۲۰
۱-۷-۲- ارزیابی پایداری قسمت قائم	۲۰
۲-۷-۲- محاسبه پایداری قسمت شیبدار	۲۶
۳-۷-۲- ارزیابی پایداری کل مقطع	۲۶
۴-۷-۲- ارزیابی پایداری پوزه و گوشه موج شکن	۲۷
۸-۲- جزئیات سازه	۲۸

۲۸	۱-۸-۲- موج شکن قائم
۲۹	۲-۸-۲- موج شکن مرکب
۳۱	۳-۸-۲- موج شکن شیبدار
۳۲	۴-۸-۲- موج شکن صندوقه‌ای پوشیده شده توسط بلوک بتنی مستهلک کننده موج
۳۲	۹-۲- طراحی جزئیات بخش قائم موج شکن
۳۲	۱۰-۲- موج شکن تاسیسات جابجایی الوار
۳۲	۱-۱۰-۲- موج شکن مربوط به حوضچه‌های ذخیره الوار و حوضچه‌های مرتب سازی الوار
۳۲	۲-۱۰-۲- حصار پیشگیری از جابه‌جا شدن الوار
۳۲	۱۱-۲- موج شکن محافظ در برابر برکشند طوفان
۳۳	۱۲-۲- موج شکن محافظ در برابر سونامی

فصل سوم- انواع دیگر موج شکن‌ها

۳۷	۱-۳- انتخاب نوع سازه‌ای
۳۹	۲-۳- موج شکن ویژه وزنی
۳۹	۱-۲-۳- کلیات
۴۰	۲-۲-۳- موج شکن بلوکی قائم جاذب موج
۴۲	۳-۲-۳- موج شکن صندوقه‌ای جاذب موج
۴۴	۴-۲-۳- موج شکن صندوقه‌ای با تاج شیبدار
۴۷	۳-۳- موج شکن‌های نوع غیر وزنی
۴۸	۱-۳-۳- موج شکن دیواره غشایی
۵۰	۲-۳-۳- موج شکن شناور

فصل چهارم- حوضچه‌های تنظیم تراز آب

۵۷	۱-۴- انتخاب موقعیت
۵۷	۲-۴- اندازه و جانمایی حوضچه تنظیم تراز آب
۵۸	۳-۴- انتخاب نوع سازه‌ای
۵۸	۱-۳-۴- دریچه
۵۹	۲-۳-۴- محفظه حوضچه تنظیم تراز آب
۵۹	۴-۴- نیروهای خارجی و بارهای وارد بر حوضچه تنظیم تراز آب
۵۹	۵-۴- سیستم پمپاژ و تخلیه

۵۹ ۶-۴- تاسیسات جانبی

فصل پنجم- تاسیسات پیشگیری از کم عمقی و رسوب گذاری

۶۳ ۱-۵- کلیات

۶۳ ۲-۵- دستک

۶۳ ۱-۲-۵- جانمایی دستک

۶۵ ۲-۲-۵- جزئیات دستک

۶۶ ۳-۵- گروه آب شکن

۶۷ ۴-۵- دستک هدایت کننده

۶۷ ۱-۴-۵- جانمایی دستک هدایت کننده

۶۸ ۲-۴-۵- عمق آب در انتهای دستک هدایت کننده

۶۸ ۳-۴-۵- ساختار دستک هدایت کننده

۶۹ ۵-۵- تاسیسات تله اندازی انتقال رسوب ساحلی و آورد رسوب رودخانه

۶۹ ۶-۵- اقدامات پیشگیرانه در برابر ماسه بادرقتی

۶۹ ۱-۶-۵- کلیات

۷۰ ۲-۶-۵- انتخاب اقدامات پیشگیرانه

فصل ششم- پوشش سنگچین

۷۵ ۱-۶- اصول طراحی

۷۵ ۲-۶- شرایط طراحی

۷۹ ۳-۶- پایداری سازه‌ای

۷۹ ۴-۶- تعیین مقطع عرضی

۷۹ ۵-۶- جزئیات

۸۳ مراجع

۸۷ واژه نامه

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۷-۱- انواع موج‌شکن‌ها.....	۱۲
شکل ۷-۲- عرض تاج موج‌شکن شیب‌دار.....	۱۷
شکل ۷-۳- نیروی مقاومت لغزشی سنگریز.....	۲۴
شکل ۷-۴- نیروی مقاومت لغزشی بلوک‌های بتنی.....	۲۵
شکل ۷-۵- نیروی مقاومت لغزشی یک جسم مسلح شده.....	۲۵
شکل ۷-۶- نمونه‌هایی از ضخامت دیواره بتنی.....	۲۹
شکل ۷-۷- شکل‌ها و ابعاد مختلف بلوک‌های محافظ پنجه.....	۳۱
شکل ۷-۸- نیروی موج امواج با پریود بزرگ.....	۳۴
شکل ۷-۹- طبقه‌بندی دیگر انواع موج‌شکن‌ها.....	۳۷
شکل ۷-۱۰- ارتفاع دیواره تاج یک موج‌شکن قائم جاذب موج.....	۴۱
شکل ۷-۱۱- توزیع فشار موج به کار رفته برای بررسی پایداری.....	۴۲
شکل ۷-۱۲- مولفه‌های سازه‌ای صندوقه جاذب موج.....	۴۳
شکل ۷-۱۳- ضریب انتقال موج و ارتفاع دیواره تاج.....	۴۵
شکل ۷-۱۴- نیروی موج وارد بر موج‌شکن صندوقه‌ای با تاج شیب‌دار.....	۴۶
شکل ۷-۱۵- طبقه‌بندی موج‌شکن‌های دیواره غشایی.....	۴۸
شکل ۷-۱۶- رابطه بین ضریب انتقال موج و d/h (نوع تک دیواره).....	۴۹
شکل ۷-۱۷- منحنی محاسبه ارتفاع تاج دیواره غشایی (نوع تک دیواره).....	۴۹
شکل ۷-۱۸- رابطه بین ضریب بازتاب موج و d/h (نوع تک دیواره).....	۵۰
شکل ۷-۱۹- رابطه بین ضریب انتقال موج و نسبت فاصله شمع‌ها به قطر شمع.....	۵۰
شکل ۷-۲۰- مراحل طراحی موج‌شکن‌های شناور.....	۵۲
شکل ۷-۲۱- اسامی قسمت‌های مختلف حوضچه تنظیم تراز آب.....	۵۸
شکل ۷-۲۲- جانمایی مفهومی موج‌شکن (دستک).....	۶۴
شکل ۷-۲۳- زمان اجرای موج‌شکن پایین‌دست.....	۶۵
شکل ۷-۲۴- انواع گوناگون جانمایی دستک هدایت کننده.....	۶۷
شکل ۷-۲۵- موقعیت‌های گوناگون تاسیسات تله‌اندازی رسوب.....	۷۰
شکل ۷-۲۶- گام‌های مختلف عملیات ایجاد تپه ساحلی مصنوعی.....	۷۱

فهرست جدول‌ها

صفحه	عنوان
۳۰	جدول ۷-۱- ضخامت مورد نیاز و ابعاد بلوک‌های محافظ پنجه.....

بخش ۷

تجهيزات محافظت بندر

فصل ۱

کلیات

۱-۱- ملاحظات کلی

- در طراحی سازه‌های محافظ مانند موج‌شکن، دستک، دیواره ساحلی، دستک هدایت‌کننده، آب‌گیر، حوضچه تنظیم تراز آب، پوشش سنگچین، خاکریز، آب‌شکن و دیواره تاج موج‌شکن، ملاحظات زیر باید مد نظر قرار گیرد:
- (۱) ارتباط این سازه‌ها با کانال دسترسی، حوضچه‌ها، تاسیسات پهلویی و دیگر تاسیسات
 - (۲) تأثیرات این سازه‌ها بر روی نواحی مجاور، تاسیسات، توپوگرافی، جریان‌ها و محیط‌های دیگر بعد از ساخت
 - (۳) امکان توسعه آینده بندر

تفسیر

- (۱) «سازه‌های محافظ» به موج‌شکن، دستک، دیواره ساحلی، دستک هدایت‌کننده، آب‌گیر، سد تسطیح تراز، پوشش سنگچین، خاکریز، آب‌شکن و دیواره تاج موج‌شکن‌ها و غیره اطلاق می‌گردد.
- (۲) عملکرد سازه‌های محافظ در بنادر شامل تامین آرامش بندر، حفظ عمق آب، جلوگیری از فرسایش ساحل، کنترل بالا آمدن سطح آب پشت خاکریز هنگام برکشند (خیزاب) طوفان و سونامی می‌باشد. در سال‌های اخیر این ضرورت به وجود آمده است که سازه‌های محافظ جنبه‌های زیبایی شناختی را نیز رعایت نمایند، به گونه‌ای که مردم از تماس با طبیعت دریا و محیط بندر لذت ببرند. در بسیاری از موارد انتظار می‌رود که سازه‌های محافظ چندین مورد از عملکردهای بالا را برآورده نمایند. بنابراین در این موارد، هنگام طراحی سازه‌های محافظ باید به برآورده شدن این عملکردهای متفاوت توجه کافی شود.
- (۳) هنگام ساخت سازه‌های محافظ برای بنادر، جانمایی و نوع سازه‌ای این تاسیسات باید بعد از توجه کافی به پیامدهای ساخت این سازه‌ها بر روی کانال دسترسی و حوضچه‌ها، تاسیسات پهلویی، توپوگرافی، جریان‌ها و دیگر محیط‌ها تعیین شود. پیامدهای ساخت سازه‌های محافظ بنادر شامل موارد زیر می‌باشد:
 - الف) ساخت سازه‌های محافظ در یک ساحل ماسه‌ای ممکن است باعث ایجاد تغییرات مورفولوژیک گسترده‌ای مانند فرسایش یا رسوب‌گذاری در محیط اطراف شود.
 - ب) ساخت موج‌شکن ممکن است به دلیل بازتاب امواج در محدوده خارجی سازه‌های محافظ باعث افزایش ارتفاع موج شود.
 - پ) در اثر ساخت یک سازه محافظ جدید و یا نوسانات ناشی از تغییر شکل حوضچه در درون لنگرگاه، ممکن است آرامش حوضچه داخل لنگرگاه به دلیل بازتاب مضاعف امواج بر هم زده شود.
 - ت) اجرای سازه‌های محافظ ممکن است باعث ایجاد تغییراتی در جریان‌ات جزر و مدی محیط اطراف و شرایط جریان در دهانه رودخانه‌ها و متعاقباً تغییر موضعی کیفیت آب گردد.
- (۴) با توجه به این واقعیت که سازه محافظ ممکن است به عنوان محل سکونت برای موجودات دریایی از قبیل ماهیان، گیاهان دریایی و پلانکتون‌ها به کار رود، هنگام طراحی سازه‌ای و جانمایی یک سازه باید به تأثیرات بیولوژیک و اکولوژیک نیز توجه نمود.

- (۵) هنگام جانمایی سازه محافظ در مجاورت مناطقی مانند پارک‌های طبیعی و یا تاسیسات فرهنگی، بهتر است که علاوه بر توجه به عملکرد خود سازه‌ها به ظاهر بیرونی آنها از جمله شکل و رنگ نیز توجه نموده و در مواردی که استفاده از زیبایی نمای آب به سایر عملکردهای سازه‌های محافظ اضافه می‌شود، باید آسودگی و ایمنی مردم هم مد نظر قرار گیرد.
- (۶) از آنجایی که خرابی و گسیختگی سازه‌های محافظ تاثیر زیادی بر ایمنی شناورهای درون بندر، تاسیسات پهلوگیری و پس‌کرانه دارد، باید یک بررسی کامل پیرامون ایمنی این سازه‌ها هنگام طراحی، اجرا و نگهداری صورت گیرد.

۱-۲- نگهداری

سازه‌های محافظ در بنادر باید بر اساس استانداردها و راهنماهای مناسب و با در نظر گرفتن شرایط طبیعی و ویژگی‌های اجرا در شرایط خوبی نگهداری شود تا عملکرد این سازه‌ها به طور کامل برآورده شود.

نکات فنی

به بخش ۱، فصل ۳- نگهداری مراجعه شود.

فصل ۲

موج شکن

۲-۱- کلیات

هنگام طراحی موج شکن موارد زیر باید بررسی شود:

- (۱) جانمایی موج شکن
- (۲) تاثیر اجرای موج شکن بر توپوگرافی اطراف
- (۳) همخوانی با محیط اطراف
- (۴) شرایط طراحی
- (۵) انواع سازه‌ای موج شکن
- (۶) امکان استفاده چندگانه از موج شکن
- (۷) روش طراحی
- (۸) روش اجرا
- (۹) جنبه‌های اقتصادی

۲-۲- جانمایی موج شکن

جانمایی موج شکن باید به گونه‌ای انجام شود که شرایط مشخص شده در بخش ۶، بند ۲-۶- آرامش کانال ناوبری و بخش ۶، بند ۴-۴- آرامش حوضچه تامین گردد.

تفسیر

- (۱) موج شکن برای تامین آرامش در بنادر، تسهیل بارگیری و تخلیه کالا، اطمینان از ایمنی کشتی‌ها هنگام ناوبری و لنگراندازی و حفاظت از تاسیسات بندری ساخته می‌شود که برای برآورده کردن این نیازها اقدامات زیر باید انجام شود.
- (الف) برای کاهش انرژی ورودی امواج به درون بندر، موج شکن‌ها باید به گونه‌ای قرار گیرند که ورودی بندر با جهت امواج با بیشترین فراوانی و نیز با جهت امواج با بیشترین ارتفاع همراستا نباشد.
- (ب) موج شکن‌ها باید به گونه‌ای جانمایی شوند که بندر را به طور موثری در برابر امواج با بیشترین فراوانی و نیز بزرگترین امواج محافظت نمایند.
- (پ) ورودی بندر باید دارای عرض کافی و موثر باشد تا به عنوان یک مانع بر سر راه ناوبری شناورها قرار نگیرد. همچنین جهت دهانه ورودی و کانال دسترسی باید به گونه‌ای باشد که ناوبری را تسهیل نماید.
- (ت) دامنه جریان‌های جزر و مدی پیرامون ورودی بندر باید تا حد امکان کوچک باشد.
- (ث) تاثیر امواج باز تابیده شده، امواج دنباله ماخ (Mach-stem) و تمرکز امواج روی کانال دسترسی و حوضچه‌های مهاربندی باید به حداقل برسد.
- (ج) موج شکن‌ها باید فضای آبی کافی مورد نظر را برای پهلوگیری، تخلیه و بارگیری و لنگراندازی کشتی تامین نمایند.

برخی اهداف فوق با یکدیگر متناقض می‌باشند. برای مثال برای دستیابی به آرامش درون بندر، ورودی باریک بهترین گزینه است اما برای نوبری مناسب نمی‌باشد. فراوان‌ترین امواج نیز لزوماً با بزرگترین امواج هم‌جهت نمی‌باشند. در این گونه موارد جانمایی موج‌شکن باید پس از بررسی جامع همه عوامل از قبیل شرایط کارکرد شناورها، هزینه‌های اجرا و میزان دشواری فرآیند مراقبت از سازه صورت گیرد. برای روش‌های تخمین آرامش در بنادر به بخش ۲، بند ۴-۵- انتقال امواج و بخش ۲، بند ۴-۶- عبور امواج مراجعه شود. همچنین در ارتباط با جهت و عرض دهانه ورودی بندر به بخش ۶، فصل ۲- کانال‌های نوبری و در رابطه با مساحت سطح آب در یک بندر به بخش ۶، فصل ۴- حوضچه‌ها مراجعه شود.

(۲) در مواردی که در رابطه با تغییر و بدتر شدن کیفیت آب نگرانی وجود دارد باید توجه کافی به قابلیت مبادله آب دریا با دریای آزاد مبذول گردد تا آب دریا درون بندر راکد نماند.

(۳) هنگام ساخت موج‌شکن باید به شرایط طبیعی و ساخت توجه و جنبه‌های اقتصادی بررسی شود. موارد زیر نیز باید مورد توجه قرارگیرد:

- الف) باید از هرگونه جانمایی که موجب تمرکز امواج می‌گردد اجتناب شود.
 - ب) باید از زمین سست و ضعیف اجتناب کرده و موج‌شکن در مکانی قرار گیرد که کارهای اجرایی آسان انجام شود.
 - پ) تا حد امکان باید از عارضه‌های توپوگرافیک از قبیل دماغه‌ها و جزایر به عنوان پناه موج استفاده شود.
 - ت) در سواحل ماسه‌ای، موج‌شکن‌ها باید طوری جانمایی شوند که رانه ساحلی در بندر به حداقل برسد.
 - ث) باید به پیامدهای ساخت موج‌شکن روی نواحی مجاور، توجه کافی مبذول گردد.
- در رابطه با تمرکز موج به بخش ۲، بند ۴-۵- [۳] تغییرات امواج در گوشه‌های مقعر، نزدیک دماغه‌های موج‌شکن‌ها و اطراف موج‌شکن‌های جدا از ساحل مراجعه شود. برای موج‌شکن‌هایی که روی سواحل ماسه‌ای ساخته می‌شود نیز به بخش ۲، فصل ۱۰- رانه ساحلی و همچنین فصل ۵- تاسیسات جلوگیری از کم عمقی و رسوب‌گذاری مراجعه شود.
- (۴) جانمایی موج‌شکن‌ها باید طوری انجام شود که به مانعی در برابر توسعه آینده بندر تبدیل نشود.
- (۵) «عرض موثر دهانه ورودی بندر» به معنی عرض کانال در یک عمق مشخص و نه به معنی عرض سطح آب در دهانه ورودی می‌باشد. سرعت جریان جزر و مدی که ورودی بندر را قطع می‌کنند در حالت ایده‌آل باید در شرایط معمولی کمتر از ۲ تا ۳ گره دریایی (حدود ۱ تا ۱/۵ متر بر ثانیه) باشد.
- (۶) در مناطقی که با نواحی کم عمق احاطه شده است غالباً ارتفاع موج به دلیل انکسار افزایش یافته و در برخی موارد نیروی موج به شدت بر موج‌شکن‌هایی که روی بستر دریا با شیب زیاد ساخته شده‌اند وارد می‌شود. ذکر این نکته ضروری است که وقتی یک موج‌شکن مستقیماً در پشت و یا روی یک پشته ساخته می‌شود، ممکن است نیازمند یک سازه خیلی بزرگ باشد.

(۷) در مورد موج‌شکن‌های مجزا باید توجه نمود که چنانچه طول موج‌شکن کمتر از چند برابر طول امواج تابشی باشد، توزیع ارتفاع امواج در پشت موج‌شکن به دلیل تأثیرات تفرق اطراف هر دو انتهای موج‌شکن تغییرات قابل توجهی کرده و لذا پایداری موج‌شکن هم از این پدیده تأثیر می‌پذیرد. در ارتباط با تفرق موج به بخش ۲، بند ۴-۵- [۳] تغییرات امواج در گوشه‌های مقعر، نزدیک دماغه‌های موج‌شکن‌ها و اطراف موج‌شکن‌های جدا از ساحل مراجعه شود.

۱) میزان آرامش مورد نیاز درون بندر باید از دیدگاه عملیات جابجایی بار و محدودیت ارتفاع موج برای لنگراندازی ایمن، بررسی شود. در رابطه با میزان آرامش درون حوضچه‌ها به بخش ۶، بند ۴-۴- آرامش حوضچه مراجعه شود.

۳-۲- شرایط طراحی موج شکن

موارد زیر باید به عنوان شرایط طراحی موج شکن مد نظر قرار گیرد:

- ۱) آرامش درون بندر
- ۲) باد
- ۳) ترازهای جزر و مدی
- ۴) امواج
- ۵) عمق آب و شرایط ژئوتکنیکی بستر دریا
- ۶) عوامل دیگر

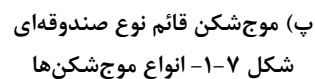
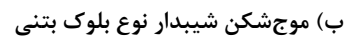
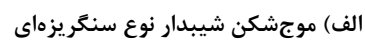
۴-۲- انتخاب انواع سازه‌ای

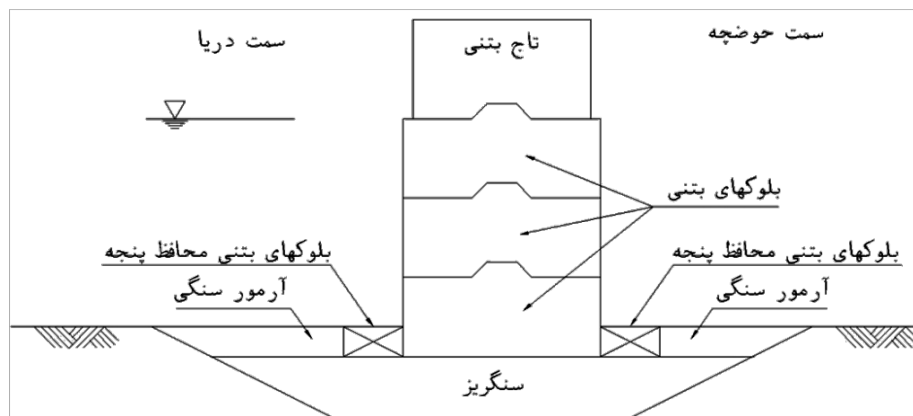
انتخاب نوع سازه‌ای موج شکن باید پس از بررسی ویژگی‌های هر یک از انواع موج شکن صورت گرفته و تصمیم‌گیری درباره این موضوع پس از یک مطالعه جامع پیرامون موارد زیر انجام شود:

- ۱) جانمایی موج شکن
- ۲) شرایط محیطی
- ۳) شرایط بهره‌برداری
- ۴) شرایط اجرا
- ۵) جنبه‌های اقتصادی
- ۶) مدت زمان اجرا
- ۷) اهمیت موج شکن
- ۸) در دسترس بودن مصالح ساخت
- ۹) نگهداری

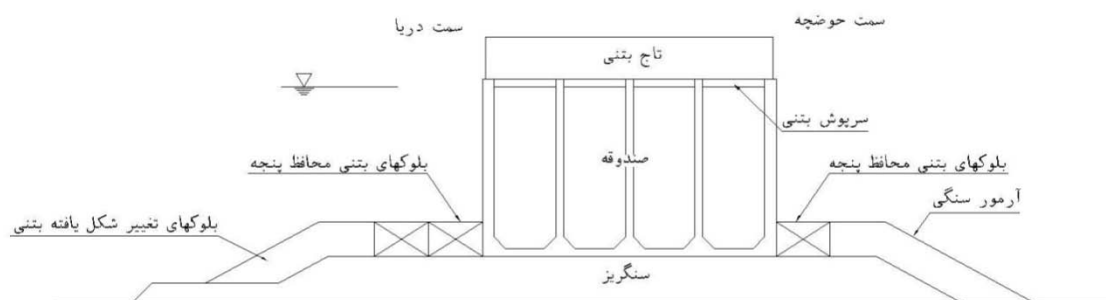
نکات فنی

۱) موج شکن براساس نوع سازه‌ای به انواع زیر تقسیم می‌شود: (به شکل ۷-۱- الف تا خ مراجعه شود)

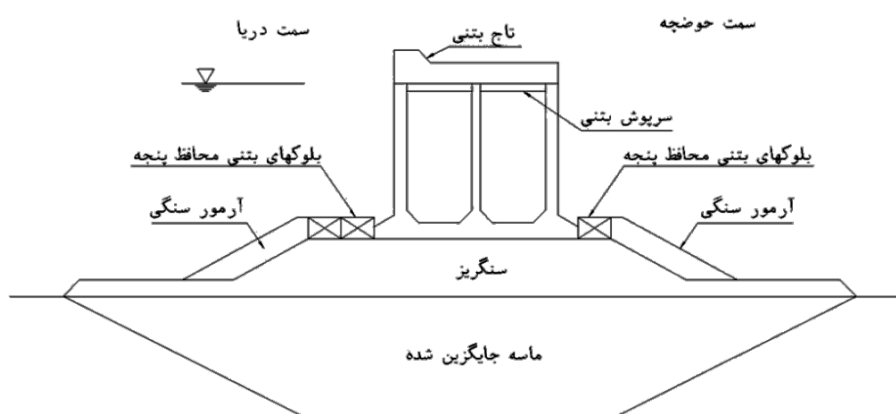




(ت) موج شکن قائم نوع بلوک بتنی

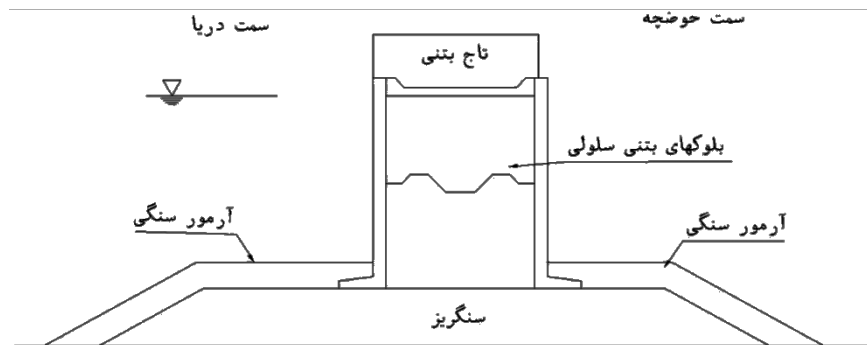


(ث) موج شکن مرکب نوع صندوقه‌ای

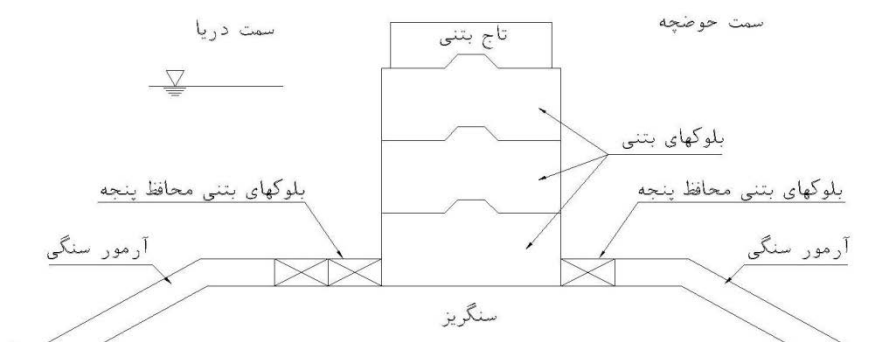


(ج) موج شکن مرکب نوع صندوقه‌ای (در مورد بستر لای نرم)

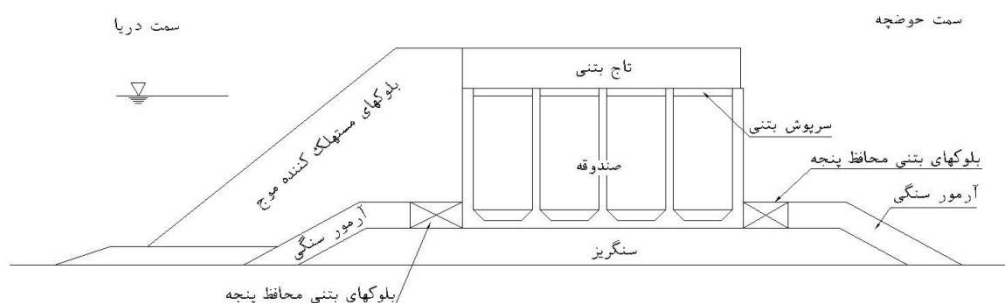
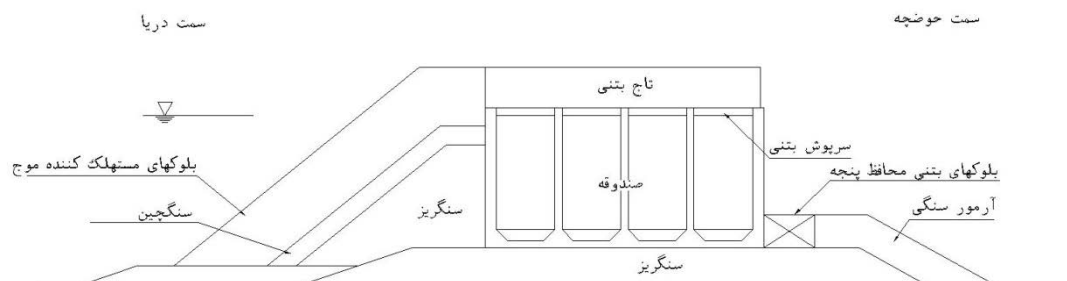
شکل ۷-۱- ادامه - انواع موج شکن‌ها



چ) موج شکن مرکب نوع بلوک بتنی سلولی



ح) موج شکن مرکب نوع بلوک بتنی



خ) موج شکن صندوقه‌ای پوشیده شده با بلوک‌های بتنی مستهلک کننده موج

شکل ۷-۱-۱ ادامه - انواع موج شکن‌ها

۲) برای موج شکن‌های غیر از انواع شیبدار، قائم و مرکب به فصل ۳- انواع دیگر موج شکن‌ها مراجعه شود.

۲-۵- تعیین مقطع عرضی

۲-۵-۱- موج شکن قائم

تراز تاج یک موج شکن باید حدوداً به مقدار 0.6 برابر ارتفاع موج مشخصه طراحی و یا بیشتر، بالاتر از تراز میانگین مد ماهیانه قرار گیرد. در این مورد، ارتفاع مناسب تاج باید با در نظر گرفتن عواملی چون آرامش حوضچه و محافظت بندر و تاسیسات بندری پشت موج شکن تعیین گردد.

تفسیر

(۱) برای طراحی بندری که باید در آن تاثیر برکشند (خیزاب) طوفان نیز مد نظر قرار گیرد، تراز مبنای دریا برای تعیین ارتفاع تاج موج شکن‌ها ترجیحاً برابر با کشند طوفان (بر اساس داده‌های پیشین) به علاوه تراز میانگین مد ماهیانه در نظر گرفته می‌شود.

(۲) برای تعیین تراز تاج موج شکن‌هایی که برای مقاصد تفریحی و با رویکرد زیبایی شناختی آب به کار رفته و توسط عموم مردم هم استفاده خواهند شد، باید بررسی‌های جداگانه‌ای در مورد روگذری و پاشش موج از دیدگاه ایمنی عمومی نیز انجام شود.

نکات فنی

(۱) تراز تاج یک موج شکن نباید پایین‌تر از 0.6 برابر ارتفاع موج مشخصه طراحی، بالای تراز میانگین مد ماهیانه باشد.

(۲) در بیشتر موج شکن‌های موجود تراز تاج به صورت زیر تعیین شده است:

الف) برای بنادر با کشتی‌های بزرگ که سطح آب پشت موج شکن خیلی وسیع بوده و در برخی مواقع روگذری موج مجاز شمرده می‌شود و نیازی نیز به بررسی تاثیر برکشند طوفان نمی‌باشد، تراز موج در ارتفاع $0.6H_{1/3}$ بالای تراز میانگین مد ماهیانه در نظر گرفته می‌شود.

ب) در بندری که مساحت آب پشت موج شکن کوچک بوده و برای کشتی‌های کوچک استفاده می‌شوند، تا حد امکان باید از روگذری موج اجتناب گردد. در این موارد تراز موج شکن در ارتفاع $1.25H_{1/3}$ بالای تراز میانگین مد ماهیانه در نظر گرفته می‌شود.

(۳) در مناطقی که امواج طوفانی بزرگ نزدیک به امواج طرح با تداوم و فرکانس بالا وجود دارد، فعالیت بندر با کشتی‌های بزرگ با مساحت آب وسیع پشت موج شکن نیز ممکن است تحت تاثیر روگذری امواج، محدود شود، حتی اگر تراز موج شکن $0.6H_{1/3}$ بالای تراز میانگین مد ماهیانه باشد. بنابراین در چنین بندری ترجیحاً تراز تاج بالاتر از $0.6H_{1/3}$ بالای تراز میانگین مد ماهیانه در نظر گرفته می‌شود.

(۴) در مواردی که ارتفاع موج مشخصه طراحی بیشتر از ۲ متر است ضخامت دال بتنی تاج باید بزرگتر و یا مساوی ۱ متر و اگر ارتفاع موج طرح کمتر از ۲ متر باشد این مقدار باید حداقل ۵۰ سانتی‌متر باشد تا از خرابی توسط امواج عبور کرده جلوگیری شود.

- (۵) اگر تراز روی صندوقه پایین باشد اجرای عملیات استقرار صندوقه، پر کردن با ماسه و استقرار درپوش بتنی و دال بتنی تاج توسط جزر و مد محدود می‌گردد. لذا معمولاً تراز روی صندوقه بالاتر از تراز میانگین مد ماهیانه در نظر گرفته می‌شود.
- (۶) برای سهولت استقرار دال بتنی تاج، نباید تراز روی بالاترین بلوک‌ها در موج‌شکن قائم نوع بلوک بتنی و موج‌شکن نوع بلوک بتنی سلولی پایین‌تر از تراز میانگین آب (MSL) در نظر گرفته شود و حتی الامکان این تراز باید بالای تراز میانگین مد ماهیانه تعیین شود.

۲-۵-۲- موج‌شکن مرکب

تراز تاج قسمت قائم این موج‌شکن همانند موج‌شکن قائم (بند ۲-۵-۱) تعیین می‌شود. اما در مواردی که بستر دریا سست بوده و امکان نشست وجود داشته باشد، تراز تاج باید کمی بالاتر در نظر گرفته شده و یا طراحی موج‌شکن باید به گونه‌ای انجام شود که امکان بالا بردن سازه فوقانی پس از نشست به آسانی وجود داشته باشد.

تفسیر

- (۱) ضخامت دال بتنی تاج، ارتفاع نصب قسمت قائم و تراز تاج در موج‌شکن‌های مرکب همانند موج‌شکن‌های قائم تعیین می‌گردد.
- (۲) برای جلوگیری از اعمال نیروی ضربه‌ای امواج در حال شکست، باید تا حد امکان تراز روی پی سنگریزه‌ای پایین‌تر در نظر گرفته شود.
- (۳) برای افزایش مقاومت لغزشی قسمت قائم، استفاده از یک پشته سنگریزه‌ای ممکن است موثر باشد. در این مورد باید قفل و بست سنگ‌ها با یکدیگر به خوبی تامین شود، در غیر این صورت موج‌های روگذشته موجب پخش شدن سنگ‌ها خواهد شد. در صورت لزوم باید سطح پشته سنگریزه‌ای با بلوک‌های بتنی بزرگ پوشیده شود.
- (۴) اگر احتمال نشست خاک سست بستر و فرو رفتن بخش عمده‌ای از قسمت سنگریزه‌ای وجود داشته باشد باید از اقدامات پیشگیرانه‌ای همچون اصلاح خاک یا استفاده از مترس زیر قسمت سنگریزه برای پخش کردن وزن صندوقه، استفاده شود.

نکات فنی

- (۱) پی سنگریزه‌ای برای پخش وزن قسمت قائم، جهت تامین تراز مناسب برای قرار گرفتن قسمت قائم و جلوگیری از آب‌شستگی توسط امواج به کار می‌رود که برای دستیابی به این اهداف، ضخامت قسمت سنگریزه باید حداقل ۱/۵ متر باشد.
- (۲) عرض سکوی افقی در پی سنگریزه‌ای باید به گونه‌ای تعیین شود که درجه پایداری لازم در برابر گسیختگی لغزشی دایروی حاصل از بارهای مایل و خارج از مرکز روی موج‌شکن تامین گردد. در موقعیت‌هایی با امواج شدید، عرض سکوی افقی در سمت دریا معمولاً ۵ متر یا بیشتر و در سمت بندر دو سوم سمت دریا در نظر گرفته می‌شود.
- (۳) میزان شیب پی سنگریزه‌ای باید بر اساس محاسبات پایداری تعیین گردد. در خیلی موارد بر اساس شرایط موج، شیب سمت دریا معمولاً ۱:۲ تا ۱:۳ و شیب سمت بندر بین ۱:۵ تا ۱:۲ می‌باشد.

۲-۵-۳- موج شکن شیبدار

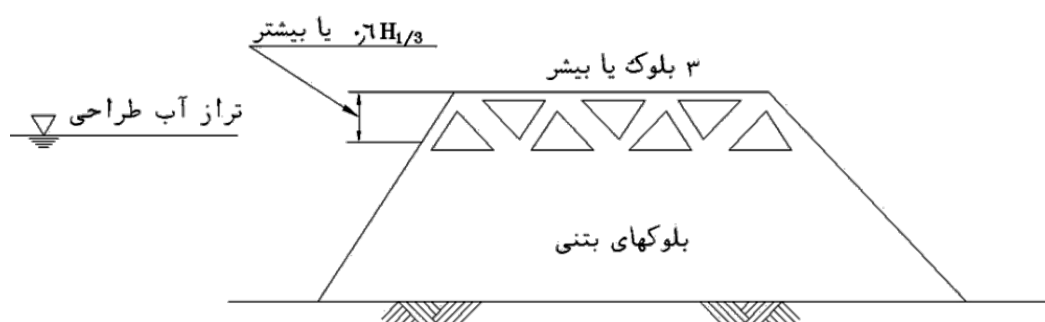
- (۱) تراز تاج باید همانند بند ۲-۵-۱- موج شکن قائم تعیین شود.
- (۲) عرض تاج باید بر اساس نتایج آزمایش‌های مناسب مدل هیدرولیکی تعیین گردد.

تفسیر

- (۱) به دلیل اینکه موج از میان موج شکن شیبدار نفوذ می‌کند، ارتفاع موج درون بندر در مقایسه با موج شکن قائم حتی با تراز تاج یکسان بیشتر است. در ارتباط با روگذری و انتقال موج به بخش ۲، بند ۴-۶- بالاروی، روگذری و انتقال موج مراجعه شود.
- (۲) چنانچه شدت روگذری امواج زیاد باشد به دلیل ناپایدار شدن قطعات آرمور روی موج شکن، عرض تاج باید به مقدار کافی زیاد باشد.
- (۳) برای موج شکنی که به خشکی متصل بوده و از خشکی اجرا می‌شود، عرض تاج باید نه تنها بر اساس محاسبات پایداری، بلکه با در نظر گرفتن ملاحظات اجرایی تعیین گردد.
- (۴) شیب کناره‌ها باید بر اساس محاسبات پایداری مناسب به دست آید.
- (۵) برای موج شکنی که روی زمین سست ساخته می‌شود تراز موج و روش اجرا باید مانند بند ۲-۵-۲- موج شکن مرکب تعیین شود.

نکات فنی

- (۱) چنانچه تاج موج شکن در ارتفاع $0.6H_{1/3}$ بالای تراز میانگین مد ماهیانه قرار داشته باشد و با بلوک‌های بتنی پوشیده شود، عرض تاج باید حداقل به میزانی باشد که ۳ عدد بلوک بتنی یا بیشتر، در تاج قرار بگیرد، همانگونه که در شکل (۲-۷) نشان داده شده است. از آنجا که پایداری بخش بالای موج شکن به شرایط امواج و ویژگی‌های قطعات آرمور بستگی دارد، بهتر است عرض تاج بر اساس آزمایش و مدل هیدرولیکی مناسب تعیین شود.



تعداد قطعات ذکر شده در بالا، تعداد بلوکهای قرار گرفته در لایه بالایی تاج می باشد
 شکل ۲-۷- عرض تاج موج شکن شیبدار

- (۲) موارد بسیاری وجود دارد که شیب کناره موج شکن شیبدار سنگریزه‌ای در سمت دریا حدود ۱:۲ و در سمت بندر حدود ۱:۱/۵ و برای موج شکن پوشیده شده با بلوک‌های بتنی مستهلک کننده موج بین ۱:۱/۳ تا ۱:۱/۵ می‌باشد. در مواردی که

شیب کناره و یا وزن قطعات آرمور در سمت دریا در قسمت‌های بالا و پایین شیب متفاوت است، محلی که در آن شیب کناره و وزن قطعات تغییر می‌کند باید پایین‌تر از $1.5H_{1/3}$ زیر تراز طراحی قرار گیرد.

۲-۵-۴- موج‌شکن نوع صندوقه‌ای پوشیده شده با بلوک‌های بتنی مستهلک کننده موج

- (۱) تراز تاج قسمت قائم باید همانند بند ۲-۵-۱- موج‌شکن قائم تعیین شود.
- (۲) تراز تاج تمهیدات مستهلک کننده موج ترجیحا باید با تراز قسمت قائم یکسان باشد.
- (۳) ضخامت دال بتنی تاج و ارتفاع نصب صندوقه باید همانند توضیحات ارائه شده برای موج‌شکن قائم تعیین گردد و ضخامت پی سنگریزه‌ای نیز با مراجعه به موج‌شکن مرکب تعیین شود.

تفسیر

- (۱) برای موج‌شکن نوع صندوقه‌ای پوشیده شده با بلوک‌های مستهلک کننده موج، روگذری و انتقال موج کمتر از مقادیر به دست آمده برای موج‌شکن‌های قائم یا مرکب می‌باشد. در رابطه با روگذری و انتقال امواج به بخش ۲، بند ۴-۶- بالاروی، روگذری و انتقال موج مراجعه شود.
- (۲) عملکرد تمهیدات مستهلک کننده موج، عبارت از کاهش فشار، روگذری، انتقال و بازتاب موج می‌باشد و ارزیابی دقیق این کارکردها، باید ترجیحا بر اساس نتایج مدل هیدرولیکی آزمایشگاهی صورت گیرد.
- (۳) چنانچه تراز تاج قسمت مستهلک کننده موج پایین‌تر از تراز تاج قسمت قائم باشد، احتمال وارد شدن نیروی ضربه‌ای امواج در حال شکست به قسمت قائم وجود دارد. بر عکس، اگر تراز تاج قسمت مستهلک کننده بالاتر از قسمت قائم باشد، امکان ناپایداری بلوک‌های تاج وجود دارد.
- (۴) اگر وجه قائم قسمت قائم کاملا با بلوک‌های مستهلک کننده موج پوشیده نشده باشد، احتمال وارد شدن نیروی موج به وجه قائم وجود دارد.

نکات فنی

به منظور دستیابی به تاثیر کافی در استهلاک موج، عرض تاج قسمت مستهلک کننده امواج باید مقداری برابر با دو بلوک بتنی مستهلک کننده موج یا بیشتر داشته باشد.

۲-۶- نیروهای خارجی برای محاسبات پایداری

۲-۶-۱- کلیات

هنگام ارزیابی پایداری موج‌شکن، نیروهای خارجی همانند نیروی موج، فشار هیدرواستاتیکی، شناوری و وزن موج‌شکن باید مد نظر قرار گیرد.

تفسیر

- (۱) در صورت لزوم، علاوه بر موارد بالا باید فشار باد، نیروی زلزله، نیروی برخورد اشیای جانبی و فشار زمین نیز به عنوان نیروهای خارجی در نظر گرفته شود.
- (۲) نیروی فشار وارد شده از طرف بلوک‌های بتنی مستهلک کننده موج در حالت‌های معمولی در نظر گرفته نمی‌شود. برای مواردی که این نیرو را باید در نظر گرفت به بخش ۲، بند ۵-۲-۴- نیروی موج وارد بر دیواره قائم پوشیده شده از بلوک‌های بتنی مستهلک کننده موج مراجعه شود.

۲-۶-۲- نیروی‌های موج

- (۱) محاسبه نیروی موج باید بر اساس توضیحات ارائه شده در بخش ۲، فصل ۵- نیروی موج انجام شود.
- (۲) برای انتخاب تراز جزر و مدی در محاسبه نیروی موج، باید تراز انتخاب شود که بیشترین ناپایداری را در سازه ایجاد نماید. این تراز بر اساس بخش ۲، فصل ۶- کشندها و ترازهای غیر عادی آب تعیین می‌شود.

۲-۶-۳- فشار هیدرواستاتیکی

- اگر سطح آب ساکن سمت دریا با سطح آب سمت حوضچه در یک موج شکن متفاوت باشد فشار هیدرواستاتیکی ناشی از اختلاف تراز آب باید مد نظر قرار گیرد.

۲-۶-۴- غوطه‌وری

- نیروی غوطه‌وری وارد بر قسمت قائم زیر سطح متوسط ایستابی باید در نظر گرفته شود. اگر سطح آب ساکن سمت دریا با سمت حوضچه متفاوت باشد، نیروی غوطه‌وری باید برای قسمت زیر سطحی که دو تراز آب در دو سمت موج شکن را به هم متصل می‌کند، محاسبه شود.

۲-۶-۵- بار مرده

- بار مرده موج شکن را می‌توان با استفاده از چگالی مصالح استفاده شده در ساخت موج شکن تعیین نمود.

تفسیر

در ارتباط با چگالی مواد به بخش ۲، بند ۱۵-۲- بار مرده و سربار مراجعه شود.

۲-۶-۶- پایداری هنگام زلزله

- از بررسی پایداری موج شکن هنگام زلزله به جز در موارد خاص می‌توان صرف نظر نمود.

تفسیر

- (۱) برای موج‌شکنی که مقطع عرضی آن بر اساس پایداری لغزشی در برابر امواج تعیین شده است، می‌توان از محاسبات پایداری هنگام زلزله صرف نظر نمود.
- (۲) در مواردی که به دلیل عمق زیاد آب و ارتفاع کم موج طرح، مقطع عرضی موج‌شکن لاغر باشد، باید پایداری در برابر واژگونی ناشی از فشار دینامیکی آب حین زلزله کنترل گردد. علاوه بر این، در مورد موج‌شکن محافظ در برابر سونامی، پایداری هنگام زلزله بسیار مهم می‌باشد، زیرا سونامی پس از وقوع زلزله به محل می‌رسد. لذا محاسبات پایداری در برابر لغزش و واژگونی ناشی از فشار دینامیکی آب هنگام زلزله ضروری می‌باشد. در ارتباط با فشار دینامیکی آب هنگام زلزله به بخش ۲، بند ۱۴-۴-۲ فشار دینامیکی آب در هنگام زلزله مراجعه شود.

۷-۲- ارزیابی پایداری**۷-۲-۱- ارزیابی پایداری قسمت قائم**

- (۱) به طور کلی بررسی پایداری قسمت قائم موج‌شکن وزنی باید بر اساس فرآیند طراحی با استفاده از ضرایب اطمینان در برابر گسیختگی انجام شود.
- (۲) وقتی فرآیند طراحی بر اساس ضرایب اطمینان انجام شود باید پایداری موج‌شکن قائم، قسمت قائم موج‌شکن مرکب، سازه فوقانی موج‌شکن شیبدار و قسمت قائم موج‌شکن پوشیده شده با بلوک‌های مستهلک کننده موج، بر اساس موارد گفته شده در الف تا پ بررسی شود:
- الف) پایداری در برابر لغزش بر اساس رابطه (۷-۲) کنترل می‌گردد. در این مورد باید ضریب اطمینان مناسب متناظر با ویژگی‌های سازه به کار گرفته شود.

$$F_s \leq \frac{\mu(W_0 - U)}{P} \quad (7-2)$$

که در آن:

F_s : ضریب اصطکاک قسمت عمودی در برابر لغزش

μ : ضریب اصطکاک بین قسمت عمودی و پی سنگریزه‌ای (kN/m)

W_0 : وزن قسمت عمودی در آب ساکن (kN/m)

U : نیروی بالابرنده وارد بر قسمت قائم (kN/m)

P : نیروی افقی موج وارد بر قسمت قائم (kN/m)

- (ب) پایداری در برابر واژگونی با استفاده از رابطه (۷-۲) کنترل می‌گردد. در این مورد باید از ضریب اطمینان مناسب متناظر با ویژگی‌های سازه استفاده شود.

$$F_s \leq \frac{W_0 t - M_U}{M_P} \quad (7-2)$$

در این رابطه W_0 همانند رابطه (۲-۱) بوده و دیگر پارامترها به صورت زیر می باشد:

F_s : ضریب اطمینان قسمت قائم در برابر واژگونی

t : فاصله افقی بین مرکز ثقل و پاشنه قسمت قائم (متر)

MU : لنگر ناشی از نیروی بالابرنده حول پاشنه قسمت قائم ($kN.m/m$)

MP : لنگر ناشی از نیروی افقی موج حول پاشنه قسمت قائم ($kN.m/m$)

پ) تحلیل پایداری در رابطه با ظرفیت باربری پی در زیر سازه مطابق بخش ۵، بند ۲-۵- ظرفیت باربری برای بارهای خارج از مرکز و مایل صورت می گیرد.

۳) در مواردی که طراحی بر اساس قابلیت اطمینان انجام می شود، تحلیل پایداری سازه باید با در نظر گرفتن مقادیر آستانه مناسب انجام شود. برای نمونه، مقدار آستانه مناسب را می توان طول لغزش سازه ای متناظر با نوع عملکرد تاسیسات و ویژگی های سازه در نظر گرفت.

تفسیر

۱) در ارتباط با محاسبه نیروی موج به بخش ۲، بند ۵-۲- نیروی موج وارد بر دیواره قائم مراجعه شود. همچنین انتخاب مقادیر مناسب برای ضریب اطمینان باید بر اساس موارد الف تا پ صورت گیرد.

الف) برای لغزش ناشی از نیروی موج باید ضریب اطمینان $1/2$ و یا بزرگتر انتخاب گردد. اگر پایداری موج شکن توسط مدل های فیزیکی تایید شده باشد می توان ضریب اطمینان را کمتر از $1/2$ انتخاب نمود. در هر حال ضریب اطمینان نباید کمتر از ۱ باشد.

ب) ضریب اطمینان در برابر واژگونی باید برای نیروی موج، بزرگتر از $1/2$ و برای زلزله، بزرگتر از $1/1$ باشد.

پ) ضریب اطمینان برای ظرفیت باربری در حالت نیروی موج باید بزرگتر از ۱ باشد.

۲) در برخی موارد برای افزایش اصطکاک، پوششی زیر قسمت قائم قرار داده می شود تا ضریب اصطکاک بین قسمت قائم و پی سنگریزه ای افزایش یابد. در ارتباط با پوشش افزایش دهنده اصطکاک به بخش ۲، فصل ۱۶- ضریب اصطکاک مراجعه شود.

۳) در ارتباط با بررسی پایداری موج شکن می توان از روش طراحی بر اساس قابلیت اطمینان استفاده نمود که در آن پایداری موج شکن در برابر امواجی که در طول بهره برداری از موج شکن به آن برخورد می نماید به صورت احتمالاتی محاسبه می شود.

۴) برای بررسی ظرفیت باربری پی در محاسبه میزان نشست مورد انتظار می توان از روش طراحی بر اساس قابلیت اطمینان استفاده نمود.

نکات فنی

۱) به عنوان یک قانون کلی، در روش های طراحی بر اساس ضرایب اطمینان در برابر گسیختگی، موج شکن طوری طراحی می شود که لغزش نداشته باشد. به همین دلیل ضریب اطمینان در برابر لغزش برای موج طرح، با یک حاشیه $0/2$ یا بزرگتر همراه می باشد. با این وجود از دیدگاه عدم قطعیت آماری متغیرهای طراحی حتی برای موج شکن طرح شده با این روش،

احتمال اینکه لغزش رخ ندهد، صفر نمی‌باشد. به همین دلیل حتی اگر ضرایب اطمینان یکسانی برای طرح استفاده شود، احتمال رخداد لغزش یا طول لغزش مد نظر، بر اساس شرایط طرح تغییر خواهد کرد.

در طراحی بر اساس قابلیت اطمینان می‌توان با استفاده از یکی از دو روش زیر پایداری لغزشی موج‌شکن را به صورت آماری ارزیابی نمود. روش نخست، رخداد لغزش را در طول عمر سازه محاسبه می‌کند و در روش دیگر با فرض مجاز بودن لغزش موج‌شکن تا یک حد آستانه مشخص که به عملکرد موج‌شکن آسیب نرساند، طول لغزش مورد انتظار محاسبه می‌شود. هنگام ارزیابی، احتمال رخداد لغزش یا طول لغزش مورد انتظار باید کمتر از مقادیر مجاز تعیین شده باشد. برای مقاطع عرضی که بر اساس روش قابلیت اطمینان طراحی می‌شود، ضریب اطمینان در برابر لغزش باید مساوی و یا بزرگتر از ۱ باشد. منظور از طول لغزش مورد انتظار معمولاً یک مقدار متوسط می‌باشد، بنابراین امکان اینکه برخی موج‌شکن‌ها در عمل بیشتر از این مقدار متوسط بلغزند، وجود دارد.

با استفاده از روش طراحی بر اساس قابلیت اطمینان و مجاز دانستن تغییر شکل موج‌شکن در برخی مواقع، موج‌شکن را می‌توان به صورت اقتصادی‌تر نسبت به استفاده از روش‌های مبتنی بر ضریب اطمینان در برابر گسیختگی طراحی نمود. موارد مختلفی باید هنگام طراحی بر اساس قابلیت اطمینان در نظر گرفته شود که در ادامه توضیح داده شده است.

الف) احتمال وقوع ارتفاع موج آب عمیق

ارتفاع موج آب عمیق با استفاده از تابع توزیع حدی ارتفاع‌های موج طوفانی در منطقه مورد نظر محاسبه شده و سپس با استفاده از توزیع نرمال، اثرات عدم قطعیت ناشی از تغییر پذیری نمونه داده‌های موج حدی روی ارتفاع موج محاسبه شده، در نظر گرفته می‌شود.

ب) احتمال وقوع تراز جزر و مدی

تغییرات جزر و مدی سطح آب با استفاده از چهار مولفه جزر و مدی محاسبه شده و توزیع تجمعی سطوح جزر و مدی در طول عمر سازه به دست می‌آید. همچنین برکشندهای طوفان غیر معمول در صورت لزوم باید در نظر گرفته شود.

پ) محاسبات تغییر شکل امواج

ارتفاع موج طرح در مقابل سازه با استفاده از ارتفاع موج آب عمیق به دست می‌آید (بخش ۲، بند ۴-۵- انتقال امواج). باید تغییر آماری ارتفاع امواج در طراحی واقعی که به صورت توزیع نرمال نشان داده می‌شود، در نظر گرفته شود.

ت) محاسبه نیروی موج

نیروی موج با استفاده از توضیحات بخش ۲، فصل ۵- نیروی موج به دست می‌آید. تغییرات آماری نیروی امواج که با توزیع نرمال نشان داده می‌شود باید در نظر گرفته شود.

ث) بار مرده

تغییرات آماری بار مرده نیز که با توزیع نرمال نشان داده می‌شود باید در نظر گرفته شود.

ج) ضریب اصطکاک

ضریب اصطکاک با استفاده از توضیحات بخش ۲، فصل ۱۶- ضریب اصطکاک تعیین شده و تغییرات آماری آن با فرض توزیع نرمال در نظر گرفته می‌شود. اگر چه این ضریب به موارد بسیاری همچون تعداد سال‌های گذشته پس از ساخت

سازه و یا رخداده گسیختگی لغزشی بستگی دارد، به دلیل عدم قطعیت‌های این تاثیرات، نیازی به در نظر گرفتن موارد ذکر شده نمی‌باشد.

چ) تعیین لغزش

با فرض نمودن لغزش موج شکن هنگامی که ضریب اطمینان لغزشی کمتر از ۱ شود، محاسبه عددی یا شبیه سازی حرکت قسمت قائم موج شکن انجام شده و تغییرات آماری تمامی موارد گفته شده در الف تا ج هم در نظر گرفته می‌شود. سپس احتمال وقوع لغزش تحت شرایط طوفان حدی و احتمال وقوع لغزش در طول عمر موج شکن محاسبه می‌شود. علاوه بر این، مدل لغزشی Shimosako و همکاران برای محاسبه طول لغزش مورد انتظار استفاده می‌شود.

Shimosako و همکاران این محاسبات را با استفاده از شبیه سازی مونت کارلو انجام داده‌اند. برای مثال اگر روش طراحی بر اساس قابلیت اطمینان با مقدار آستانه ۳۰ یا ۵۰ سانتی متر حد مجاز برای طول لغزش استفاده شود، در مقایسه با حالت استفاده از روش طراحی مرسوم با ضریب اطمینان لغزشی ۱/۲، مقطع عرضی و عرض موج شکن معمولاً کوچکتر و اقتصادی‌تر به دست می‌آید. در هر حال، میزان کاهش مقطع عرضی تا حد زیادی به شرایط طرح بستگی داشته و حتی امکان بزرگتر شدن مقطع عرضی هم وجود دارد. به طور کلی در منطقه شکست که حد بالای ارتفاع موج با عمق آب تعیین می‌شود، استفاده از روش طراحی قابلیت اطمینان منجر به صرفه اقتصادی بسیاری می‌گردد. در طراحی‌های عملی باید به تغییرات آماری موارد گفته شده در بالا توجه کافی شود. به علاوه، باید مقادیر آستانه مناسب برای احتمال وقوع مجاز لغزش و طول لغزش مورد انتظار متناظر با اهمیت یا طول عمر موج شکن انتخاب گردد.

۲) در ارتباط با ظرفیت باربری پی، Tsuchida و همکاران نشست در طول عمر موج شکن ساخته شده روی پی با ظرفیت باربری ناکافی را با استفاده از روش طراحی بر اساس قابلیت اطمینان برای موج شکن‌های طرح شده با روش ساده شده Bishop با ضریب اطمینان ۱ محاسبه نموده‌اند که با استفاده از این روش امکان طراحی موج شکن بر اساس مفهوم نشست مورد انتظار وجود دارد.

۳) وقتی سمت حوضچه قسمت قائم با پشته‌ای از سنگ یا بلوک بتنی پوشیده می‌شود باید به موارد زیر توجه ویژه مبذول گردد:

الف) امکان ایجاد مانع در برابر لنگر اندازی، مهاربندی و ناوبری شناورها در حوضچه بررسی شود.

ب) ضریب اطمینان در برابر لغزش و واژگونی ناشی از نیروی امواج وارد بر قسمت قائم باید بزرگتر و یا مساوی ۱ بدون در نظر گرفته پشته‌های موج شکن باشد. ضریب اطمینان کوچک ممکن است باعث حرکت قسمت قائم، افزایش فشار پاشنه و لغزش یا واژگونی قسمت قائم به طرف دریا هنگام حسیض موج گردد.

پ) برای جلوگیری از آسیب پشته سنگریزه‌ای در اثر امواج روگذر شده، قطعات محافظ مناسب باید استفاده شود.

ت) ارتفاع پشته سنگریزه‌ای h باید ترجیحاً بزرگتر یا مساوی یک سوم ارتفاع قسمت قائم و عرض آن b باید بزرگتر یا مساوی ارتفاع آن h باشد.

ث) هنگام اجرای بلوک بتنی در پشت قسمت قائم، باید به گونه‌ای عمل نمود که بین بلوک‌های بتنی و قسمت قائم، فضای خالی ایجاد نشود.

(۴) در مواقعی که سمت حوضچه قسمت قائم با پشته سنگی یا بلوک بتنی پوشیده می‌شود مقاومت لغزشی باید طبق رابطه زیر برآورد گردد:

$$\frac{\mu_1 W_1 + R}{P} \geq 1.2 \quad (۳-۲)$$

که در آن:

P : نیروی افقی موج وارد بر قسمت قائم (kN/m)

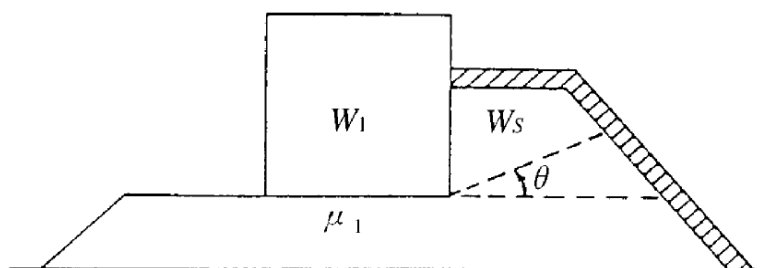
W_1 : وزن موثر قسمت قائم در آب ساکن پس از کم کردن نیروی بالابرنده (kN/m)

μ_1 : ضریب اصطکاک بین قسمت قائم و پی سنگریزه‌ای

R : نیروی مقاوم لغزشی ناشی از پشته سنگی یا بلوک‌های بتنی (kN/m)

نیروی مقاوم لغزشی R را می‌توان به صورت زیر محاسبه نمود:

الف) نیروی مقاوم لغزشی پشته سنگریزه‌ای (به شکل (۳-۷) مراجعه شود)



شکل ۳-۷- نیروی مقاوم لغزشی سنگریز

$$R = W_s \tan(\theta + \phi) \quad (۴-۲)$$

که در آن:

W_s : وزن کلی سنگ‌های بالای سطح لغزش در آب ساکن، به جز وزن سنگ‌های بالاترین لایه (kN/m)

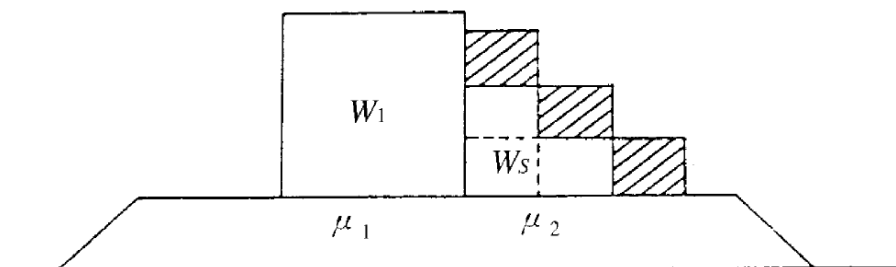
θ : زاویه سطح لغزش (درجه)

$\phi = \tan^{-1} \mu_2$ (μ_2 : ضریب اصطکاک بین سنگ‌های پشته سنگریزه‌ای می‌باشد، $\mu_2 = 0.8^\circ$) (درجه)

رابطه (۴-۲) از تعادل نیروهای وارد بر قسمت سنگریزه‌ای به دست آمده و نیروی مقاوم لغزشی به صورت کمترین

مقدار R با تغییر θ به صورت سعی و خطا محاسبه می‌شود.

ب) نیروی مقاوم لغزشی بلوک‌های بتنی (به شکل (۴-۷) مراجعه شود)



شکل ۴-۷- نیروی مقاومت لغزشی بلوک های بتنی

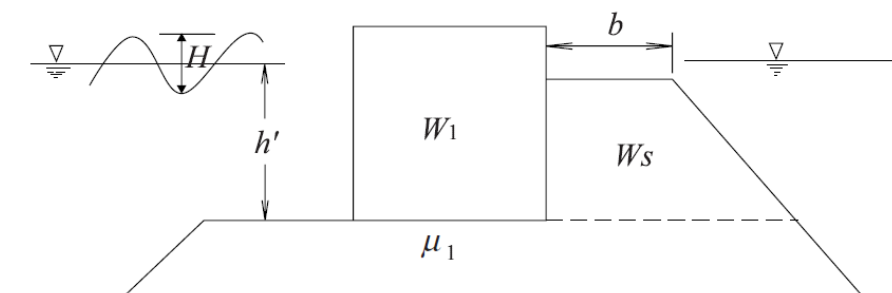
$$R = \mu_2 W_s \quad (۵-۲)$$

که در آن:

W_s : وزن کل بلوک های بتنی در آب ساکن، به جز وزن بلوک های بالاترین لایه (kN/m)

μ_2 : ضریب اصطکاک بین بلوک های بتنی و پی سنگریزه ای

پ Takeda و همکاران با استفاده از آزمایش های خود نشان داده اند که نیروی مقاوم R تابعی از نسبت ارتفاع موج به عمق آب (رابطه ۶-۲) در موج شکن می باشد (به شکل (۵-۷) مراجعه شود).



شکل ۵-۷- نیروی مقاومت لغزشی یک جسم مسلح شده

$$R = \alpha W_s \quad (۶-۲)$$

$\alpha = 0.9 + 0.2(H/h' - 0.5)$ در مورد پشته سنگریزه ای:

$\alpha = 0.4 + 0.2(H/h' - 0.5)$ در مورد پشته بلوک های بتنی:

که در آن:

W_s : وزن قطعات سنگی یا بلوک های بتنی در آب ساکن (kN/m)

α : ضریب مقاومت

H : ارتفاع موج (متر)

h' : عمق آب روی پی سنگریزه ای (متر)

با این حال، هنگامی که $H/h' \leq 0.5$ ، این مقدار (H/h') باید برابر با ۰/۵ در نظر گرفته شود.

۲-۷-۲- محاسبه پایداری قسمت شیبدار

سنگریز موج‌شکن‌های مرکب و شیبدار باید در برابر گسیختگی لغزشی و نیز پایداری قطعات آرمور بررسی گردد.

(۱) گسیختگی لغزشی

باید گسیختگی لغزشی ناشی از بارهای مایل و خارج از مرکز روی موج‌شکن مرکب بررسی شود.

(۲) جرم مورد نیاز و ضخامت لایه قطعات آرمور (حفاظ)

لایه آرمور باید علاوه بر داشتن جرم پایدار کافی در برابر نیروی موج برای هر قطعه، ضخامت کافی نیز داشته باشد تا از شسته شدن لایه زیرین جلوگیری گردد.

تفسیر

(۱) در ارتباط با گسیختگی لغزشی ناشی از بارهای مایل و خارج از مرکز، به بخش ۵، بند ۲-۵- ظرفیت باربری برای بارهای خارج از مرکز و مایل مراجعه شود.

(۲) جرم لازم قطعات آرمور برای موج‌شکن شیبدار و موج‌شکن صندوقه‌ای پوشیده شده با بلوک مستهلک کننده موج، باید بر اساس توضیحات بخش ۲، بند ۵-۳-۱- قطعات آرمور روی سطح شیبدار محاسبه شود. هنگامی که قطعات آرمور به صورت یکنواخت و نه تصادفی چیده می‌شود، جرم مورد نیاز را می‌توان بر اساس قضاوت مهندسی تعیین نمود. در مواردی که قطعات آرمور به صورت تصادفی قرار می‌گیرد ضخامت لایه آرمور باید شامل دو قطعه سنگ باشد.

(۳) جرم مورد نیاز قطعات آرمور در پی سنگریزه‌ای موج‌شکن مرکب باید بر اساس مطالب بخش ۲، بند ۵-۳-۲- قطعات آرمور روی پشته پی موج‌شکن مرکب محاسبه شود.

نکات فنی

(۱) به عنوان یک اصل کلی، جرم مورد نیاز سنگ یا بلوک زیر لایه آرمور باید تقریباً $\frac{1}{3}$ جرم قطعات آرمور و یا بیشتر باشد. در

مورد موج‌شکن شیبدار این مقدار ترجیحاً باید $\frac{1}{3}$ تا $\frac{1}{15}$ باشد. جرم سنگ‌های زیر لایه فیلتر نیز باید حدود $\frac{1}{3}$ قطعات لایه فیلتر و یا بزرگتر باشد.

(۲) در مواردی که وجه شیب با آسفالت ماسه‌ای پوشیده می‌شود، باید محاسبات پایداری دقیق با بررسی پروژه‌های قبلی ساخته شده و نتایج تحقیقاتی صورت گیرد.

۲-۷-۳- ارزیابی پایداری کل مقطع

پایداری موج‌شکن وزنی در برابر گسیختگی لغزشی دایروی باید همانند توضیحات ارائه شده در بخش ۵،

بند ۶-۲- تحلیل شیب بررسی شده و نشست موج‌شکن با توجه به ویژگی‌های زمین و سازه کنترل گردیده تا از پایداری مقطع کلی موج‌شکن اطمینان حاصل شود.

تفسیر

(۱) در ارتباط با گسیختگی لغزشی دایروی به بخش ۵، بند ۶-۲-۱- تحلیل شیب با بکارگیری روش صفحه لغزش دایروی و برای نشست به بخش ۵، فصل ۵- نشست پی و برای روش‌های اصلاح خاک به بخش ۵، فصل ۷- روش‌های بهسازی خاک مراجعه شود.

(۲) تراز جزر و مدی که برای محاسبه پایداری کل مقطع استفاده می‌شود، باید ترازى باشد که کمترین ضریب اطمینان را ایجاد نماید. برای تعیین تراز آب به بخش ۲، بند ۶-۱- تراز آب طراحی مراجعه شود.

۲-۷-۴- ارزیابی پایداری پوزه و گوشه موج شکن

(۱) بهتر است که جرم قطعات سنگی یا بلوکی آرمور در پوزه موج شکن بزرگتر از قطعات قسمت بدنه آن در نظر گرفته شود.

(۲) در بستر سست، لغزش در جهت موازی محور طولی موج شکن نیز باید بررسی گردد. در این موارد مقاومت اصطکاکی جانبی باید در نظر گرفته شود.

(۳) اگر فانوس یا چراغ دریایی روی پوزه موج شکن ساخته شود، ارزیابی پایداری باید با در نظر گرفتن نیروی زلزله، نیروی موج و فشار باد روی بدنه فانوس انجام شود.

(۴) باید به پدیده افزایش ارتفاع موج در گوشه‌های مقعر موج شکن توجه لازم مبذول گردد.

تفسیر

(۱) به دلیل عدم قطعیت‌های موجود در بررسی پوزه موج شکن مرکب یا قائم در مقایسه با پایداری بدنه آن به دلیل آب‌شستگی پی سنگریزه‌ای یا نیروهای خارجی وارد بر قطعات آرمور، جرم قطعات آرمور در پوزه موج شکن باید در مقایسه با بدنه، ترجیحاً بزرگتر باشد. در ارتباط با محاسبه جرم قطعات آرمور به بخش ۲، بند ۵-۳-۲- قطعات آرمور روی پشته پی موج شکن مرکب مراجعه شود. به طور کلی قطعات آرمور در پوزه موج شکن شیبدار یا موج شکن صندوقه‌ای پوشیده شده با بلوک مستهلک کننده موج باید ترجیحاً دارای جرمی $1/5$ برابر بزرگتر از قطعات آرمور بدنه بوده و به شکل خاکریز دایروی چیده شود. در ارتباط با محاسبه جرم قطعات آرمور در موج شکن شیبدار و موج شکن صندوقه‌ای پوشیده شده با بلوک‌های مستهلک کننده موج به بخش ۲، بند ۵-۳-۱- قطعات آرمور روی سطح شیبدار مراجعه شود.

(۲) برای بررسی لغزش در امتداد محور موج شکن به بخش ۵، بند ۶-۲-۱- تحلیل شیب با بکارگیری روش صفحه لغزش دایروی مراجعه شود.

(۳) پوزه موج شکن که روی آن فانوس دریایی ساخته می‌شود باید به گونه‌ای طراحی شود که پایداری کافی در برابر بارهای اضافی ناشی از فانوس دریایی را داشته باشد. علاوه بر این، پیش‌بینی تاسیسات کمکی لازم برای حفظ کارکردهای فانوس دریایی باید مد نظر قرار گیرد. در رابطه با باد و فشار باد بر روی یک فانوس دریایی به بخش ۲، بند ۳-۳- فشار باد مراجعه شود.

(۴) به دلیل اینکه مواردی از تخریب در ابتدای موج‌شکن‌هایی که با روش‌های ساده سازه‌ای ساخته شده بودند، مشاهده شده است، در این زمینه باید توجه لازم صورت گیرد.

(۵) ارتفاع موج در اطراف گوشه مقعر در راستای موج‌شکن قائم و یا مرکب ممکن است به دلیل برهم نهی امواج بازتابیده شده از دو بال موج‌شکن به علاوه تمرکز موج در خود گوشه مقعر، افزایش پیدا کند. به دلیل اینکه موارد بسیاری از تخریب ایجاد شده در اثر این گونه افزایش ارتفاع موج گزارش شده است، باید در این زمینه هنگام جانمایی موج‌شکن و ارزیابی پایداری مطابق توضیحات ارائه شده در بخش ۲، بند ۴-۵-۴ [۳] تغییرات امواج در گوشه های مقعر، نزدیک دماغه‌های موج‌شکن‌ها و اطراف موج‌شکن‌های جدا از ساحل و نیز بخش ۲، بند ۵-۲-۵- تاثیر راستای موج‌شکن بر نیروی موج بررسی‌های لازم صورت گیرد.

۸-۲- جزئیات سازه

۸-۲-۱- موج‌شکن قائم

(۱) ضخامت دیواره بتنی موج‌شکن صندوقه‌ای و موج‌شکن بلوکی بتنی سلولی باید به دقت با توجه به شرایط امواج و نحوه اجرا و شرایط آن تعیین شود.

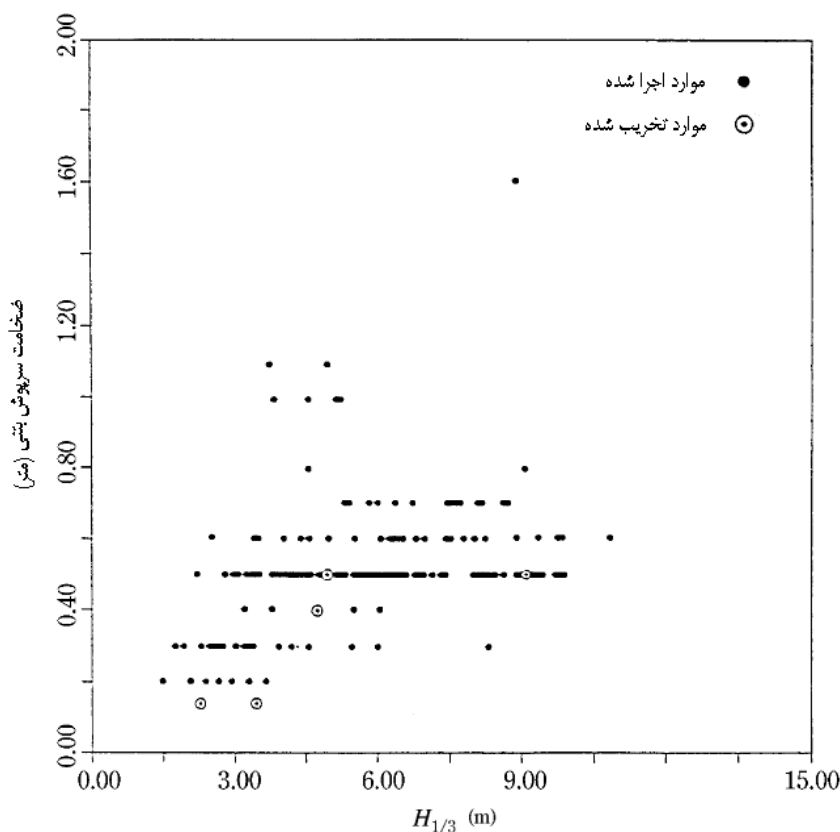
(۲) بتن تاج باید به گونه‌ای ریخته شود که با جسم اصلی موج‌شکن به صورت یک جسم صلب عمل نماید. همچنین در صورت استفاده از صندوقه، درزهای طولی باید در فواصل مناسب یا در محل اتصال صندوقه‌ها تعبیه شود.

(۳) بلوک‌های موج‌شکن نوع بلوک بتنی باید تا حد امکان بزرگ باشد و به ویژه پایین‌ترین لایه باید ترجیحا از یک بلوک بتنی بدون ترکیب چند بلوک ساخته شود.

(۴) برای افزایش پایداری در موج‌شکن نوع بلوک بتنی سلولی، در بلوک پایین‌ترین لایه از پاشنه استفاده می‌شود.

نکات فنی

(۱) ضخامت دیواره بتنی موج‌شکن معمولا باید بزرگتر یا مساوی ۳۰ سانتی‌متر و در شرایط سخت دریایی باید بزرگتر یا مساوی ۵۰ سانتی‌متر باشد. همچنین نمونه‌هایی از ضخامت ۱ متر یا بزرگتر در شرایط موج شدید و زمانی که بتن ریزی تاج دیواره بتنی برای مدتی طولانی رها می‌شود، وجود دارد (به شکل (۶-۷) مراجعه شود).



شکل ۷-۶- نمونه‌هایی از ضخامت دیواره بتنی

(۲) باید در بتن تاج موج شکن یک پارچه که به صورت درجا ریخته می‌شود، درزهای طولی با فواصل ۱۰ تا ۲۰ متر تعبیه گردد.

۲-۸-۲- موج شکن مرکب

در صورتی که شالوده سنگریز به قدر کافی عمیق نبوده یا امواج کوچک نباشد و قطعات سنگ سنگریز به قدر کافی برای پایداری بزرگ نباشد، بهتر است که برای پیشگیری از آب‌شستگی پنجه سنگریز از بلوک‌های محافظ پنجه استفاده شود. بلوک‌های محافظ پنجه باید در تماس با بخش قائم سنگریز باشند.

تفسیر

(۱) شالوده سنگریز موج شکن مرکب نقش بسیار مهمی در حصول اطمینان از پایداری بخش قائم دارد و بویژه در صورتی که سنگریزه زیر بخش قائم دچار آب‌شستگی شود، بخش قائم خم شده یا به راحتی دچار خرابی لغزشی می‌شود و سپس در بدترین حالت سازه قائم خراب می‌شود. بنابراین ضرورت دارد سنگریز زیر بخش قائم توسط بلوک‌های محافظ پنجه محافظت شود و از صدمات مربوط به آب‌شستگی ناشی از اثر امواج و جریان‌ها پیشگیری به عمل آید.

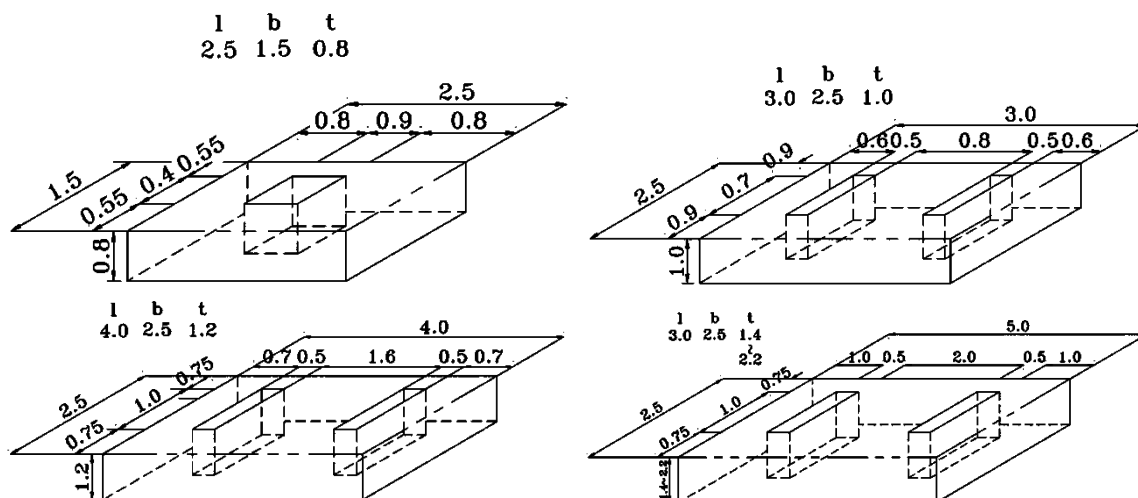
(۲) پیش‌بینی حفره‌های قائم در بلوک‌های محافظ پنجه سبب کاهش فشار بالابرنده وارد بر بلوک‌ها شده و پایداری آنها را به شکل چشمگیری در برابر امواج افزایش می‌دهد.

نکات فنی

- (۱) توصیه می‌شود برای محافظت بخش قائم در سمت دریا از دو یا چند ردیف از بلوک‌های محافظ پنجه و در سمت حوضچه بندر از یک یا چند ردیف از بلوک‌های محافظ پنجه استفاده شود.
- (۲) به کارگیری حفره‌های بزرگ در بلوک‌های محافظ پنجه سبب کاهش اثر پیشگیری از آب‌شستگی و فرار مصالح ریزدانه می‌شود و بنابراین نسبت بازشدگی بهینه ۱۰٪ می‌باشد.
- (۳) مناسب‌ترین روش برای تعیین ضخامت موردنیاز بلوک‌های محافظ پنجه به کارگیری رابطه (۷-۲) می‌باشد:
- $$t/H_{1/3} = d_f (h'/h)^{-0.787} \quad (7-2)$$
- که در آن:
- t ضخامت موردنیاز بلوک‌های محافظ پنجه (متر)
- d_f ۰/۱۸ برای بدنه موج‌شکن، ۰/۲۱ برای پوزه موج‌شکن
- h عمق آب ساخت موج‌شکن (از کف سنگریز تا سطح آب) (متر)
- h' عمق آب روی پی سنگریزه‌ای (شامل بلوک‌های آرمور و بلوک‌های محافظ پنجه نمی‌شود) (متر)
- محدوده کاربرد باید در بازه $h'/h=0.4\sim1.0$ قرار داشته باشد.
- برای محاسبه ابعاد بلوک محافظ پنجه می‌توان ضخامت مورد نیاز را از رابطه (۷-۲) و ابعاد فهرست شده در جدول (۷-۱) به دست آورد. نمونه‌هایی از ابعاد و شکل‌های مختلف بلوک در شکل (۷-۷) نشان داده شده‌اند.

جدول ۷-۱- ضخامت مورد نیاز و ابعاد بلوک‌های محافظ پنجه

جرم (t/unit)		ابعاد $l(m) \times b(m) \times t(m)$	ضخامت مورد نیاز $t(m)$ و ابعاد بلوک‌های محافظ پنجه
بلوک بدون بازشدگی	بلوک دارای بازشدگی		
۶/۹۰	۶/۲۳	۲/۵×۱/۵×۰/۸	۰/۸ یا کمتر
۱۷/۲۵	۱۵/۶۴	۳/۰×۲/۵×۱/۰	۱/۰ یا کمتر
۲۷/۶۰	۲۴/۸۴	۴/۰×۲/۵×۱/۲	۱/۲ یا کمتر
۴۰/۲۵	۳۷/۰۳	۵/۰×۲/۵×۱/۴	۱/۴ یا کمتر
۴۶/۰۰	۴۲/۳۲	۵/۰×۲/۵×۱/۶	۱/۶ یا کمتر
۵۱/۷۵	۴۷/۶۱	۵/۰×۲/۵×۱/۸	۱/۸ یا کمتر
۵۷/۵۰	۵۲/۹۰	۵/۰×۲/۵×۲/۰	۲/۰ یا کمتر
۶۳/۲۵	۵۸/۱۹	۵/۰×۲/۵×۲/۲	۲/۲ یا کمتر



شکل ۷-۷- ابعاد مختلف بلوک‌های محافظ پنجه

۴) طراحی بلوک محافظ پنجه سمت حوضچه بندر باید با در نظر گرفتن اثر امواج داخل بندر، امواج حین اجرا و امواج روگذری انجام شود. تاکنون تعداد مواردی که با خرابی بلوک محافظ پنجه درون یک بندر همراه شده باشد، بسیار کم بوده و می‌توان وزن بلوک محافظ پنجه سمت درون بندر را سبک‌تر از وزن بلوک سمت دریا انتخاب کرد. در طرح‌های گذشته موارد بسیاری وجود دارد که وزن بلوک سمت حوضچه نصف وزن بلوک پنجه سمت دریا بوده است. با این حال، وزن بلوک مورد استفاده نباید کمتر از وزن مورد نیاز برای امواج داخل بندر یا امواج حین اجرا باشد و به ویژه، وزن مورد نیاز باید با در نظر داشتن این نکته تعیین شود که ممکن است انتهای فراساحلی موج‌شکن در حال اجرا، در طول فصل تعطیلی کار هر سال، به طور موقت، به عنوان پوزه موج‌شکن باقی بماند.

۵) در مواردی که احتمال آب‌شستگی یا مکیده شدن خرده سنگ‌ها وجود داشته باشد، باید از اقدامات پیشگیرانه مناسب استفاده شود. روش‌های به کار رفته برای پیشگیری از آب‌شستگی پنجه قسمت شیب‌دار موج‌شکن عبارت از تدارک یک سکوی افقی توده سنگی در انتهای شیب و قراردادی بلوک‌های بتنی، تمهیدات به صورت مترس، روکش آسفالتی، و کرباس‌های رزینی مرکب می‌باشد. به منظور پیشگیری از نشست پشته سنگریزه‌ای به علت آب‌شستگی باید از تمهیدات به صورت مترس و دیگر روش‌ها همچون گستردن صفحات کرباس استفاده شود.

۲-۸-۳- موج شکن شیب‌دار

۱) باید در شالوده موج‌شکن شیب‌دار اقدامات محافظتی در برابر آب‌شستگی در پنجه قسمت شیب‌دار موج‌شکن و مکیده شدن ماسه زیر موج‌شکن با گسترده‌گی مورد نیاز به کار گرفته شود.

۲) در حالت کلی، هنگام قرار دادن عرشه روی موج‌شکن شیب‌دار از نوع سنگریزه‌ای یا بلوک بتنی، کف عرشه باید توسط سنگ یا بلوک بتنی کوچک پر شود.

۳) در مکان‌هایی که تحت تاثیر رانه ساحلی قرار دارد، باید اقدامات پیشگیرانه‌ای در برابر گذر ماسه از میان موج‌شکن به عمل آید، زیرا ممکن است رسوبات معلق حمل شده توسط امواج سبب کم عمقی حوضچه بندر شود.

۲-۸-۴- موج‌شکن صندوقه‌ای پوشیده شده توسط بلوک بتنی مستهلک کننده موج

باید در نزدیکی پنجه بلوک‌های بتنی مستهلک کننده موج تا جایی که نیاز باشد اقدامات پیشگیرانه در برابر آب‌شستگی و مکش ماسه به عمل آید.

۲-۹- طراحی جزئیات بخش قائم موج‌شکن

طراحی اجزای مختلف صندوقه، بلوک بتنی سلولی، و بلوک بتنی L- شکل، باید مطابق بخش ۴- قطعات بتنی پیش ساخته صورت گیرد.

۲-۱۰- موج‌شکن تاسیسات جابجایی الوار

۲-۱۰-۱- موج‌شکن مربوط به حوضچه‌های ذخیره الوار و حوضچه‌های مرتب سازی الوار

- (۱) هنگام ساخت موج‌شکن برای تاسیسات جابجایی الوار، تراز تاج باید به قدر کافی بالا باشد تا از جابجایی و بیرون افتادن الوار در ترازهای بالای آب‌دریا پیشگیری شود و در عین حال، به گونه‌ای باشد که با سازه موج‌شکن و کاربری حوضچه سازگاری داشته باشد.
- (۲) هنگام ساخت موج‌شکن برای تجهیزات جابجایی الوار، موج‌شکن باید مطابق دستورالعمل‌های این فصل و فصل ۳- انواع دیگر موج‌شکن‌ها طراحی شود و باید در برابر نیروی ضربه‌ای الوار دارای پایداری سازه‌ای لازم باشد.

۲-۱۰-۲- حصار پیشگیری از جابه‌جا شدن الوار

- (۱) ارتفاع تاج و فاصله بین شمع‌های حصار پیشگیری از جابه‌جا شدن باید به گونه‌ای طراحی شود که بتواند از جابه‌جا شدن و بیرون افتادن الوار پیشگیری کند، و نیز باید یک دیواره نگهدارنده با گسترده‌گی لازم ایجاد شود.
- (۲) سازه‌های مربوط به حصار پیشگیری از جابه‌جا شدن و شمع‌های مهاربندی باید به گونه‌ای باشد که در برابر نیروی ضربه‌ای و نیروی کششی الوار از پایداری کافی برخوردار باشد.

۲-۱۱- موج‌شکن محافظ در برابر برکشند طوفان

- (۱) هنگام ساخت موج‌شکنی که دارای کارکرد اصلی حفاظت در برابر برکشند طوفان می‌باشد، راستا و تراز تاج موج‌شکن را باید به طور مناسب و با در نظر داشتن کارایی موج‌شکن در کاهش برکشند طوفان و دیگر موارد مشابه تعیین کرد.
- (۲) هنگام ساخت موج‌شکن محافظ در برابر برکشند طوفان، باید پایداری سازه‌ای آن در برابر مشخصه‌های فیزیکی گوناگون برکشند طوفان و همچنین نیروهای خارجی معمول همچون نیروی امواج حفظ شود.

نکات فنی

- (۱) ارتفاع تاج موج شکن محافظ در برابر برگشتند (خیزاب) طوفان باید در تراز لازم برای محافظت در برابر مجموع تراز آب کشند طوفان و ارتفاع موج طراحی، تعیین شود.
- (۲) پایداری کل مقطع موج شکن باید با فرض رخ دادن همزمان تراز کشند طوفان طراحی و حداکثر امواج طراحی، مورد بررسی قرار گیرد. همچنین افزایش تراز آب سمت حوضچه در اثر ورود آب در اثر برگشتند (خیزاب) طوفان باید مد نظر قرار گیرد. هنگام زلزله، نیروی اینرسی و فشار دینامیکی آب وارد بر موج شکن باید به عنوان نیروهای خارجی در نظر گرفته شود.
- (۳) شایان ذکر است هنگامی که شالوده یک موج شکن محافظ در برابر برگشتند طوفان دارای تراوایی زیادی باشد، آب از میان شالوده جریان یافته و عملکرد کاهش برگشتند طوفان تقلیل می یابد که در اینگونه موارد باید یک غشای ناتراوا با گستردگی لازم، در شالوده ایجاد شود.
- (۴) در برخی موارد، به علت تفاوت تراز کشندی بین بیرون و درون موج شکن، آب از میان شالوده سنگریز موج شکن جریان یافته و سبب آب شستگی زمین شالوده می شود. در چنین مواردی، ضرورت دارد اقدامات پیشگیرانه ای نظیر گستردن لایه هایی از سنگ فرش یا مترس، در نظر گرفته شود. در ارتباط با نفوذ آب در سنگریزه ها به بخش ۲، بند ۶-۶- تراز آب زیرزمینی و تراوش، نکات فنی بند ۲- د مراجعه شود.

۲-۱۲- موج شکن محافظ در برابر سونامی

- (۱) هنگام ساخت موج شکنی که کارکرد اصلی آن محافظت در برابر سونامی می باشد، باید راستا و تراز تاج موج شکن را به طور مناسب و با توجه به کارایی موج شکن در کاهش ارتفاع سونامی و موارد مشابه دیگر، تعیین نمود.
- (۲) هنگام ساخت موج شکن محافظ در برابر سونامی، باید پایداری در برابر حمله سونامی با در نظر داشتن مشخصه های فیزیکی گوناگون سونامی و همچنین پایداری سازه های موج شکن در برابر نیروهای خارجی معمول همچون نیروی موج حفظ شود.

تفسیر

- (۱) تمام مواردی که برای موج شکن محافظ در برابر برگشتند طوفان از جمله کارایی کاهش ارتفاع سونامی و سرعت جریان در دهانه بندر مطرح شده است باید در مورد موج شکن محافظ در برابر سونامی نیز مورد بررسی قرار گیرد. تراز تاج موج شکن محافظ در برابر سونامی باید بالاتر از ارتفاع دیواره تاج مورد نیاز برای مقابله با روگذری مجاز ناشی از موج طرح یا روگذری سونامی مجاز در HWL در نظر گرفته شود. در مورد سونامی به بخش ۲، بند ۶-۴- سونامی مراجعه شود.
- (۲) فشار هیدرواستاتیکی ناشی از تفاوت تراز آب بین بیرون و درون موج شکن و همچنین نیروی موج سونامی، به عنوان نیروی خارجی وارد بر موج شکن عمل می کند. به علاوه باید به این واقعیت نیز توجه نمود که تراز آب پشت موج شکن به دلیل تفاوت جریان ورودی و جریان خروجی سونامی، همواره با تراز آب ساکن یکسان نمی باشد. از آنجا که عدم قطعیت های بسیاری در برآورد نیروی موج ناشی از سونامی وجود دارد، مقدار نیروی موج را باید از روش های مناسبی همچون آزمایش مدل هیدرولیکی به دست آورد.

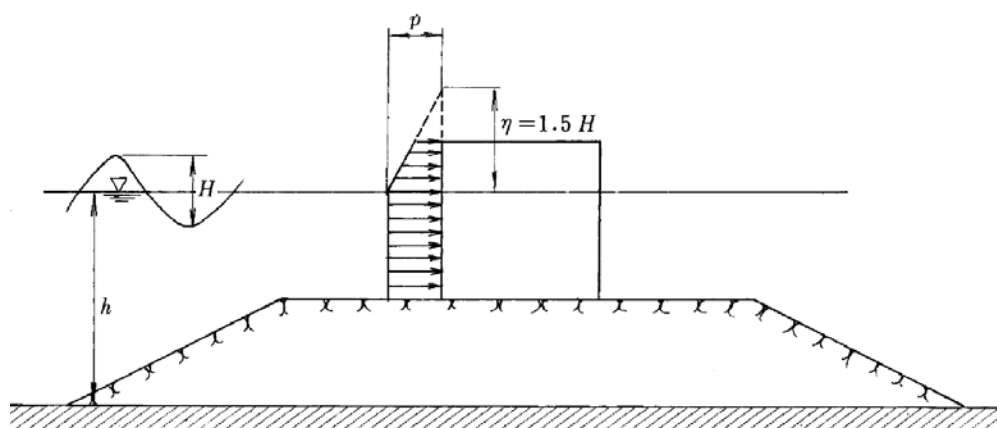
۳) مطالعه آزمایشگاهی انجام شده توسط Tanimoto و همکاران بیانگر آن است که وقتی یک سونامی در یک دهانه بندری باریک وارد می‌شود، سرعت جریان افزایش یافته و گردابه‌های قوی تولید می‌شود که تاثیر چشمگیری بر ناپایداری مصالح سنگچین بخش مستغرق موج‌شکن می‌گذارند. سونامی همچنین سبب اعمال نیروهای کششی قوی بر روی بستر می‌شود که به باور برخی از پژوهشگران حتی از نیروهای متناظری که توسط برکشند طوفان ایجاد می‌شود نیز بزرگتر می‌باشد. بنابراین، باید به تقویت پایداری مقطعی از موج‌شکن که در دهانه بندر قرار گرفته و نیز اقدامات پیشگیرانه در برابر آب‌شستگی در زمین شالوده، توجه ویژه شود.

۴) از آنجا که موج‌شکن محافظ در برابر سونامی اغلب در مکان‌های دارای آب عمیق ساخته می‌شود، قسمت قائم موج‌شکن به اجبار مرتفع شده و پایداری آن در برابر زمین‌لرزه کاهش می‌یابد. بنابراین، مقاومت در برابر زلزله باید با محاسبه پاسخ لرزه‌ای با توجه به رفتار غیر خطی مصالح سنگریز، مورد بررسی قرار گیرد. علاوه بر این، از آنجا که به طور کلی نیروهای لرزه‌ای بزرگتر به بخش مرتفع‌تر سازه وارد می‌شود، روند طراحی شامل تغییر دادن ضریب لرزه‌ای متناسب با ارتفاع از کف سازه می‌باشد. همچنین، بهتر است پایداری سطح شیبدار سنگریز حین یک زمین‌لرزه مورد بررسی قرار گیرد.

۵) از آنجا که ضخامت سنگریز با افزایش عمیق آب، افزایش می‌یابد، ضرورت دارد که به پایداری سنگریز در برابر نیروی امواج و انتقال موج روی سطح شیبدار توده سنگی توجه شود. همچنین برای آنکه نشست‌های بزرگ ناشی از وزن خود سنگریز جبران شود، ضرورت دارد تا قدری کرانه مازاد برای آن در نظر گرفته شود.

نکات فنی

تغییر در نیروی موج در اثر سونامی در ناحیه انتقالی برای محدوده امواج با پریود کوچک تا امواج با پریود بزرگ برای سه نوع ارتفاع مختلف سنگریز توسط مدل‌های آزمایشگاهی اندازه‌گیری شده است. نتایج نشان داده است که اگر پریود موج به شکل چشمگیری بزرگ شود، می‌توان تاثیر ارتفاع سنگریز را نادیده گرفت و نیروی موج به مقدار محاسبه شده توسط رابطه فشار موج Goda و با قراردادی $\alpha_2 = 0$ میل می‌کند (به بخش ۲، بند ۵-۲-۲ - نیروهای امواج ایستا و امواج در حال شکست مراجعه شود). با استفاده از این اطلاعات، نیروی موج مربوط به امواج با پریود بزرگ در نمونه موردی موج‌شکن ورودی لنگرگاه Kamaishi مطابق بخش ۲، بند ۶-۴ - سونامی تعیین شد. در شکل ۲-۱۲-۱ فشار p توسط رابطه $1.1\rho_0 g H$ محاسبه شده است که در آن ρ_0 چگالی آب، g شتاب گرانش، و H ارتفاع موج سونامی می‌باشد.



شکل ۷-۸ - نیروی موج امواج با پریود بزرگ

فصل ۳

انواع دیگر موج شکن ها

۳-۱- انتخاب نوع سازه‌ای

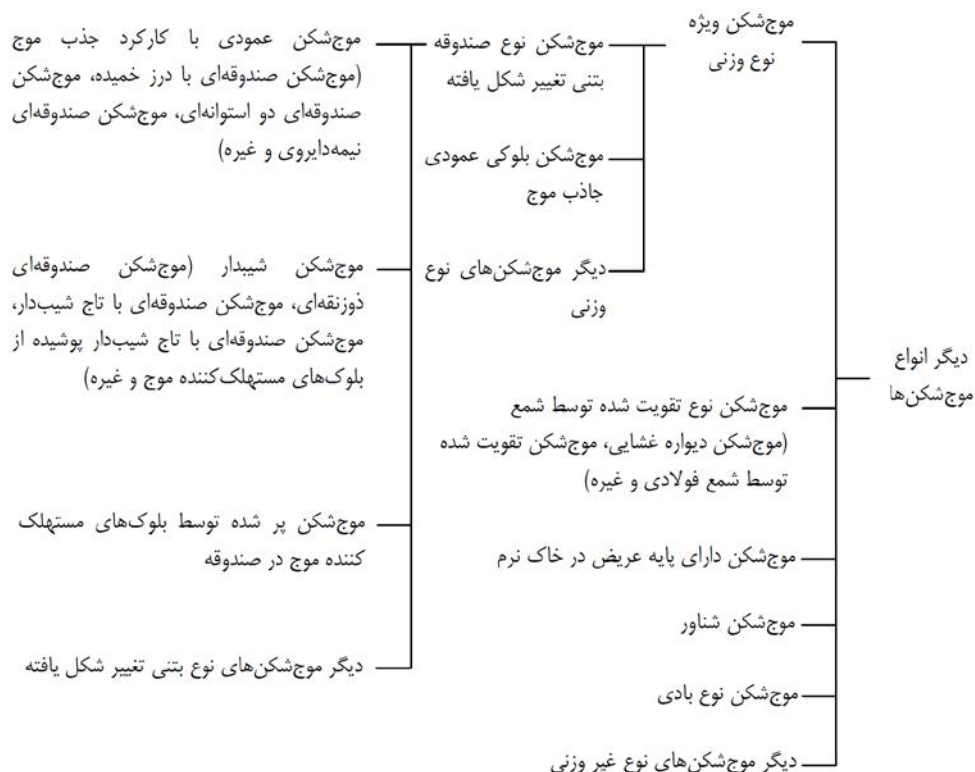
هنگام کاربرد موج شکن متفاوت از انواع اشاره شده در فصل ۲- موج شکن ها، مناسب ترین نوع سازه‌ای آن را می توان بر اساس شرایط طراحی (شرایط موج، قابلیت جابجایی آب، نیاز به کاهش بازتاب موج، میزان آرامش مورد نیاز درون بندر، شرایط زمین و غیره) انتخاب کرده و بر اساس مناسب ترین روش طراحی یا نتایج آزمایش مدل هیدرولیکی طراحی نمود.

تفسیر

علاوه بر سرفصل های ارائه شده در فصل ۲- موج شکن ها، انواع متعدد دیگری از موج شکن ها از دیدگاه کارکرد، شکل و مصالح وجود دارند که بسیاری از این انواع پاسخگوی نیازهای کارکردی همچون کاهش بازتاب موج یا قابلیت جابجایی آب، شرایط طراحی ویژه محل پروژه (سایت) همچون زمین، عمق آب و امواج، و کاربردهای ویژه نظیر استفاده موقت می باشد. در این راستا، نوع مناسب موج شکن که بتواند کارکردهای مورد انتظار را برآورده کند، باید با بررسی دقیق و گسترده مشخصه های مختص آن نوع موج شکن انتخاب شود.

نکات فنی

(۱) این فصل به بررسی موج شکن های ویژه ای می پردازد که دارای سازه هایی متفاوت از موج شکن های بحث شده در فصل ۲- موج شکن ها می باشد. می توان آنها را به صورت زیر طبقه بندی کرد:



شکل ۷-۹- طبقه بندی دیگر انواع موج شکن ها

الف) موج‌شکن ویژه نوع وزنی، سازه‌ای است که به واسطه وزن خود در برابر نیروی موج مقاومت می‌کند و می‌توان توانایی آن در مستهلک‌سازی موج یا پایداری آن در برابر اثر موج را از طریق بهبود قسمت‌های قائم موج‌شکن مرکب رایج افزایش داد. این نوع موج‌شکن به دو نوع تراوا که امکان جابجایی آب را فراهم می‌کند و ناتراوا دسته‌بندی می‌شود که نوع دوم متداول‌تر است. موج‌شکنی متفاوت از نوع وزنی که معمولاً تراوا است، دارای سازه‌هایی می‌باشد که توسط نیروهایی به غیر از وزن خود در برابر اثر موج مقاومت می‌کند، از جمله نیروی مقاومتی شمع، چسبندگی سطحی زمین رسی، یا کشش طناب مهاربندی.

ب) موج‌شکن‌های ویژه نوع وزنی را می‌توان به طور کلی به دو دسته موج‌شکن صندوقه‌ای بتنی تغییر شکل یافته که در آن از صندوقه‌هایی با اشکال ویژه استفاده می‌شود، و موج‌شکن بلوکی قائم جاذب موج متشکل از بلوک بتنی دارای محفظه‌های قائم با اشکال ویژه تقسیم‌بندی کرد. موج‌شکن صندوقه‌ای بتنی تغییر شکل یافته نیز خود به انواع موج‌شکن صندوقه‌ای جاذب موج، موج‌شکن صندوقه‌ای شیب‌دار و موج‌شکن پر شده توسط بلوک مستهلک‌کننده موج در صندوقه طبقه‌بندی می‌شود. انواع مختلفی از سازه‌ها در بلوک قائم جاذب موج وجود دارد و معمولاً در مکان‌های دارای امواج کوچک مانند بنادر به کار می‌رود.

پ) اگرچه موج‌شکن صندوقه‌ای جاذب موج عموماً در مکان‌های با امواج نسبتاً کوچک به کار می‌رود، موج‌شکن صندوقه‌ای دو استوانه‌ای با دیواره مشبک را می‌توان در آب عمیق و نواحی دریایی با امواج شدید به کار گرفت.

ت) موج‌شکن نوع غیر وزنی در شرایط ویژه‌ای همچون زمین سست دارای مزیت‌هایی می‌باشد، اما در عین حال کاربرد آنها از دیدگاه عملکرد و پایداری در برابر موج دارای محدودیت‌هایی بوده و از این رو بیشتر در مکان‌های با ارتفاع موج نسبتاً کوچک مانند درون خلیج‌های کوچک یا درون بنادر به کار می‌رود.

ث) موج‌شکن نوع تقویت شده توسط شمع، دارای سازه‌هایی می‌باشند که توسط مقاومت شمع در برابر نیروی امواج مقاومت می‌کند، و شامل انواع دیواره غشایی یا تقویت شده توسط شمع‌های فولادی می‌باشد.

ج) موج‌شکن با پایه عریض روی زمین سست دارای سازه‌هایی می‌باشد که در اثر چسبندگی بین کف سازه و سطح زمین رسی در برابر نیروی افقی موج مقاومت می‌کند و در صورت نیاز، میزان مقاومت سازه توسط شمع‌کوبی افزایش داده می‌شود. این سازه‌ها به گونه‌ای توسعه داده شده‌اند که موج‌شکن بر روی زمین رسی سست اجرا شود و در این شرایط به علت عدم نیاز به عملیات مربوط به بهبود پایداری خاک، بسیار اقتصادی می‌باشند.

چ) موج‌شکن شناور سازه‌ای است که توسط کابل‌های مهاربندی در یک موقعیت ثابت نگه داشته می‌شود تا به عنوان یک موج‌شکن عمل کند. اگر چه، شکل‌های گوناگونی برای جسم شناور امکان‌پذیر است، ولی بیشتر از نوع پانتونی استفاده می‌شود. این سازه باید به گونه مناسبی مهاربندی شود تا از حرکت آزادانه آن هنگام شرایط آب و هوایی طوفانی و ایجاد صدمات و حوادث ثانوی پیشگیری شود.

ح) موج‌شکن بادی از طریق تخلیه حباب هوا از خطوط لوله هوای زیر آب، امواج را مستهلک می‌کند. اگر چه این نوع موج‌شکن دارای مزیت‌هایی همچون مسدود نکردن مسیر تردد شناورها می‌باشد، فقط در مورد امواج با پریود کم کارایی دارد.

- (۲) از آنجا که بسیاری از موج شکن‌های گفته شده در بالا، دارای محدودیت‌های ویژه‌ای از دیدگاه شرایط کاربرد موج شکن دارند، بررسی‌های دقیق و انتخاب نوع مناسب متناظر با شرایط محل ساخت پروژه، ضرورت دارد.
- (۳) از آنجا که بسیاری از موج شکن‌های شرح داده شده در بالا، دارای شکلی متفاوت نسبت به انواع رایج می‌باشند، مشخصه‌های هیدرولیکی آنها همچون نیروی موج، انتقال موج، بازتاب موج و قابلیت جابجایی آب، همچنان به درستی مطالعه نشده است. بنابراین، طراحی باید براساس آزمایش مدل هیدرولیکی صورت گیرد.

۲-۳- موج شکن ویژه وزنی

۱-۲-۳- کلیات

طراحی موج شکن ویژه وزنی باید با مراجعه به فصل ۲- موج شکن‌ها صورت گرفته و ابعاد سازه‌ای آن باید با در نظر گرفتن شکل و عملکرد مورد انتظار، به گونه مناسب تعیین شود.

نکات فنی

(۱) تعیین شرایط مرزی

تعیین شرایط مرزی باید بر اساس بند ۲-۳- شرایط طراحی موج شکن صورت گیرد. با این حال، در مورد موج شکن جاذب موج، ممکن است امواج هدفی که باید مستهلک شوند، مستقل از موج طرحی که برای آزمون‌های پایداری و محاسبات اعضای سازه‌ای به کار می‌رود، بر اساس شرایط موج و برای مقاصد مورد نظر، تعیین شود.

(۲) تعیین ابعاد سازه‌ای مرتبط با کارکردها

برای موج شکن قائم جاذب موج، باید ابعاد سازه‌ای مرتبط با کارکرد جذب موج بررسی و به صورت مناسب تعیین شود. به علاوه، برای موج شکنی که از در آن صندوقه بتنی تغییر شکل یافته استفاده می‌شود، ابعاد مورد نیاز تحت تاثیر مشخصه‌های متناظر مربوط به شکل موج شکن بوده و باید به گونه مناسب تعیین شود. از آنجا که ضریب انتقال موج به طور خاص به شکل موج شکن بستگی دارد، ارتفاع تاج و نیز ابعاد بازشدگی‌های دیواره‌های صندوقه برای جابجایی آب باید با در نظر گرفتن مشخصه‌های انتقال موج سازه مورد نظر، تعیین شود.

(۳) طراحی کلی مقطع عرضی

طراحی کلی مقطع عرضی به استثنای ابعاد سازه‌ای مرتبط با کارکرد موج شکن، باید طبق بند ۲-۵- تعیین مقطع عرضی صورت گیرد.

(۴) محاسبه نیروهای خارجی

محاسبه نیروهای خارجی باید طبق بند ۲-۶- نیروهای خارجی برای محاسبات پایداری صورت گیرد. از آنجا که نیروی موج تا حد زیادی به شکل سازه‌ای وابسته می‌باشد، باید روش محاسباتی مناسبی برای سازه مورد نظر به کار رود و یا از آزمایش مدل هیدرولیکی متناظر با شرایط سازه استفاده شود. در مورد موج شکن با ساختار پیچیده، علاوه بر نیروی کل موج که

برای محاسبات پایداری کل مقطع به کار می‌رود، ضرورت دارد یک بررسی کلی مطابق با فشار موج موضعی وارد بر اعضای سازه‌ای انجام شود.

(۵) بررسی پایداری

بررسی پایداری باید طبق بند ۲-۷-ارزیابی پایداری صورت گیرد.

(۶) محاسبه اعضای سازه‌ای

محاسبه اعضای سازه‌ای باید طبق بخش ۴، فصل ۴-صندوقه‌های قائم جاذب موج صورت گیرد.

۲-۲-۳- موج‌شکن بلوکی قائم جاذب موج

۱-۲-۲-۳- کلیات

موج‌شکن بلوکی قائم جاذب موج را می‌توان با بررسی کلی کارکرد جاذب موج، انتخاب بلوک بتنی مناسب، و در صورت نیاز انجام آزمایش مدل هیدرولیکی طراحی کرد.

تفسیر

- (۱) موج‌شکن بلوکی قائم جاذب موج، موج‌شکنی مرکب یا قائم از نوع بلوکی می‌باشد که توسط محفظه‌های بلوکی قائم ویژه (بلوک‌های قائم جاذب موج) ساخته می‌شود. تاکنون شکل‌های گوناگونی از بلوک بتنی به عنوان بلوک قائم جاذب موج ساخته شده است اما کارکردهای جاذب موج هر نوع باید به طور دقیق بررسی شده و نوع مناسب بلوک انتخاب شود.
- (۲) ضریب بازتاب موج بلوک قائم جاذب موج تا حد زیادی به پرپود موج بستگی دارد. هنگام تعیین ضریب بازتاب، بهترین کار در نظر گرفتن تاثیر پرپود موج بر اساس آزمایش مدل هیدرولیکی متناظر با شرایط طراحی می‌باشد. همچنین تخمین آن با مراجعه به داده‌های آزمایش‌های پیشین، مورد قبول می‌باشد.
- (۳) به استثنای بلوک با مقیاس بزرگ که به عنوان یک سازه بلوکی منفرد به کار می‌رود، موج‌شکن بلوکی قائم جاذب موج عموماً درون خلیج‌های کوچک یا درون بنادر با ارتفاع امواج نسبتاً کم به کار می‌روند.

۲-۲-۲-۳- تراز تاج

تراز تاج موج‌شکن بلوکی قائم جاذب موج را می‌توان با مراجعه به بند ۲-۵-۱-موج‌شکن قائم و با در نظر داشتن تراز تاج مربوط به دیواره تاج که برای برآورده ساختن کارکرد جلوگیری از روگذری موج به کار رود و نیز ارتفاع متناظر با قسمت جاذب موج تعیین کرد. کارایی جاذب موج را می‌توان هنگام تصمیم‌گیری در مورد تراز تاج قسمت جاذب موج، در نظر گرفت.

تفسیر

میزان روگذری و امواج انتقال یافته در یک موج‌شکن جاذب موج بلوکی در مقایسه با موج‌شکن مرکب، کوچک بوده، اما بزرگتر از مقادیر متناظر در یک موج‌شکن صندوقه‌ای که به طور کامل توسط بلوک‌های مستهلک کننده موج پوشانده شده است، می‌باشد.

بنابراین، تراز تاج باید پس از توجه کافی به شرایط کاربرد در نواحی پشت موج شکن، تعیین شود. علاوه بر این، هنگام تعیین تراز تاج، حداقل ضخامت اجرایی دیواره بتنی تاج باید در نظر گرفته شود.

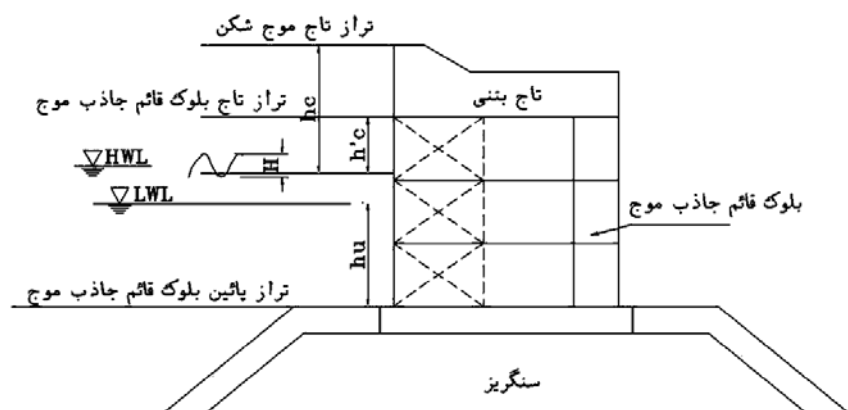
نکات فنی

(۱) کارایی جذب موج یک موج شکن بلوکی قائم جاذب موج به ترازهای مربوط به تاج و کف بلوک های قائم جاذب موج بستگی دارد.

(۲) ارتفاع تاج h'_c باید دست کم 0.5 برابر بزرگتر از ارتفاع موج مشخصه هدف، بالاتر از تراز میانگین مد ماهیانه در نظر گرفته شود. تراز کف h_u ترجیحا باید به اندازه دو برابر ارتفاع موج مشخصه هدف یا بیشتر، پایین تر از تراز میانگین جزر ماهیانه (شکل ۷-۱۰) باشد. توجه شود که ارتفاع موج مشخصه هدف ممکن است با ارتفاع موج مشخصه طراحی یکی نباشد.

۳-۲-۲-۳- نیروی موج

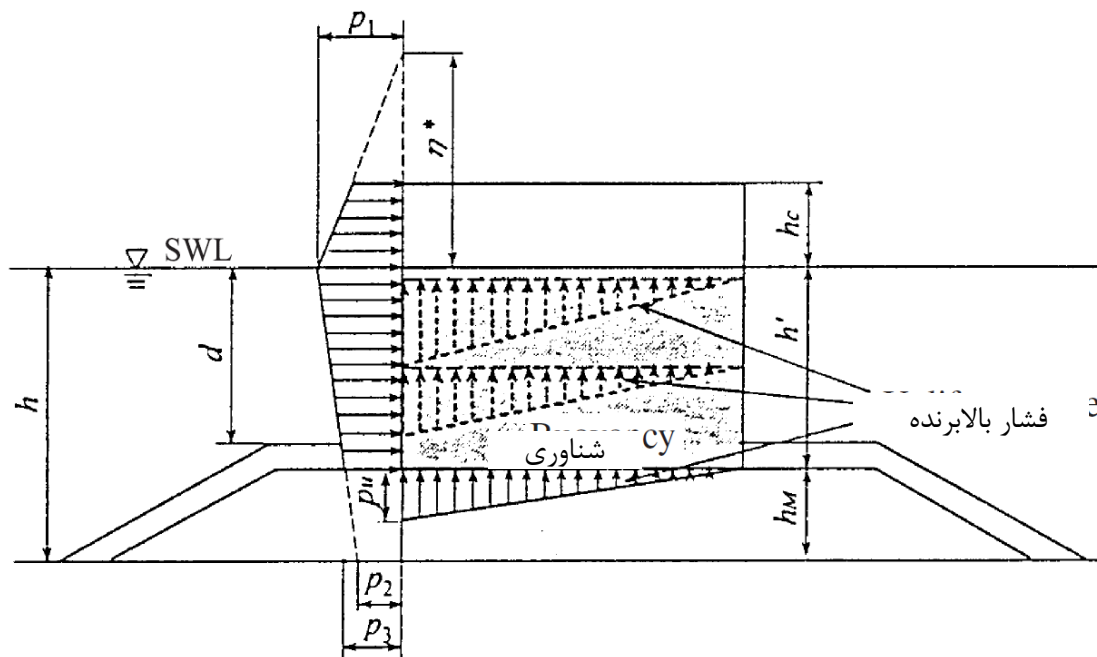
نیروی موج وارد بر یک موج شکن بلوکی قائم جاذب موج را می توان طبق بخش ۲، بند ۵-۲-۸- نیروی موج وارد بر صندوقه قائم جاذب موج محاسبه کرد.



شکل ۷-۱۰- ارتفاع دیواره تاج یک موج شکن قائم جاذب موج

نکات فنی

(۱) نیروی موج وارد بر یک موج شکن بلوکی قائم جاذب موج باید مطابق شکل (۷-۱۱) باشد و حالت غوطه وری برای حجم جابجا شده زیر تراز آب ساکن در نظر گرفته شود. هنگام احتساب پایداری قسمت بالای هر لایه از بلوک ها یا دیواره بتنی تاج، فشار بالابرنده وارد بر هر لایه یا دیواره تاج، به صورت توزیع مثلثی فرض می شود، به گونه ای که مقدار آن در پنجه عقبی برابر با صفر و در جایی که فشار بالابرنده محاسبه می شود، برابر با فشار موج در جلوی دیواره می باشد.



شکل ۷-۱۱- توزیع فشار موج به کار رفته برای بررسی پایداری

(۲) کارایی کاهش نیروی موج برای امواج پیشروی کننده مایل نباید بدون انجام مدل آزمایشگاهی در نظر گرفته شود.

۳-۲-۳- موج شکن صندوقه‌ای جاذب موج

۳-۲-۳-۱- کلیات

نوع مناسب سازه برای یک موج شکن صندوقه‌ای جاذب موج بر اساس بررسی دقیق کارکرد جذب موج انتخاب شده و سپس در صورت ضرورت، طراحی سازه با انجام آزمایش مدل هیدرولیکی صورت می‌گیرد.

تفسیر

یک موج شکن صندوقه‌ای جاذب موج برتری‌های زیر را در مقایسه با موج شکن قائم رایج دارد.

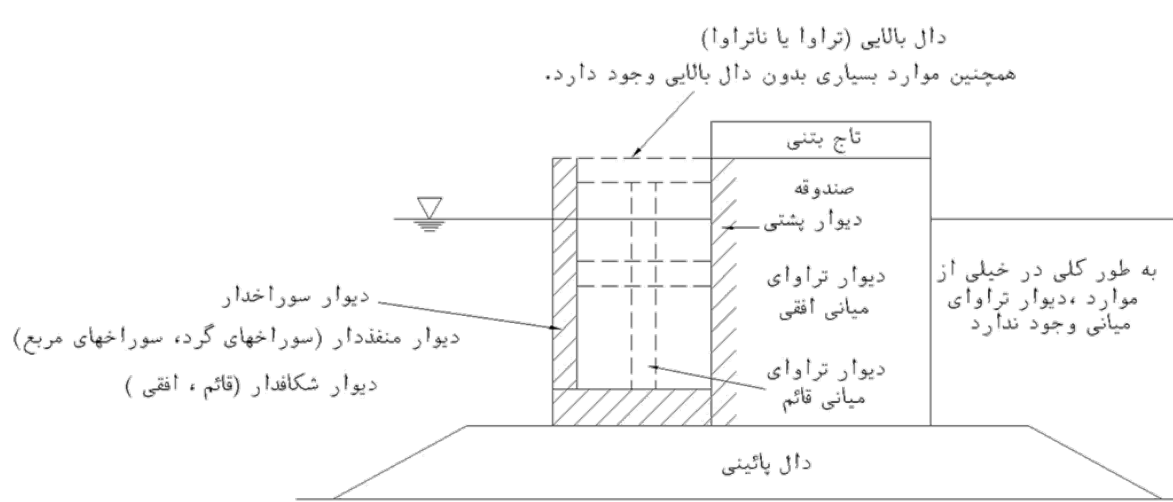
(۱) بازتاب موج را کاهش می‌دهد.

(۲) روگذری و انتقال موج را کاهش می‌دهد.

(۳) نیروهای موج را کاهش می‌دهد. به ویژه، وقتی پشته سنگریزه‌ای نسبتاً مرتفع باشد، نیروی موجی که به یک موج شکن صندوقه‌ای جاذب موج وارد می‌شود چندان افزایش نمی‌یابد، حال آنکه در مورد یک موج شکن صندوقه‌ای رایج با همان ارتفاع سازه سنگریزه، نیروی موج شکنای ضربه‌ای بزرگی تولید می‌شود. از بین دیگر برتری‌ها می‌توان به مواردی همچون اثرات هوازایی توسط تولید حباب‌های هوایی و کارکرد مضاعف اتاقک‌های موج به عنوان زیستگاه آبزیان کوچک اشاره کرد.

نکات فنی

«صندوقه جاذب موج» صندوقه‌ای است که در قسمت جلویی دارای یک دیواره تراوا و یک اتاقک موج بوده و می‌تواند موج را توسط این سازه‌ها مستهلک کند. در شکل (۷-۱۲) طرح کلی مولفه‌های سازه‌ای یک صندوقه جاذب موج نشان داده شده است. بسته به شکل و ترکیب اجزای مختلف، سازه‌های گوناگونی همچون صندوقه با درزهای قائم، صندوقه با درزهای افقی، صندوقه با درزهای خمیده یا صندوقه متخلخل امکان‌پذیر می‌باشد. هنگام انتخاب یک صندوقه جاذب موج از میان انواع سازه‌های گوناگون، ضرورت دارد نوع سازه‌ای مناسب پس از در نظر گرفتن شرایط طراحی، شرایط کاربرد، و هزینه‌ها، پس از بررسی کلی مشخصه‌های آن همچون کارکرد جذب موج و پایداری در برابر امواج، انتخاب شود.



شکل ۷-۱۲- مولفه‌های سازه‌ای صندوقه جاذب موج

۳-۲-۳-۲- تعیین امواج هدفی که باید جذب شوند

امواج هدف را می‌توان با در نظر گرفتن جذب موج مورد نظر و شرایط موج محلی به طور جداگانه از امواج طراحی که برای بررسی پایداری سازه‌ای و محاسبات اعضای سازه‌ای به کار می‌رود، تعیین کرد.

۳-۳-۲-۳- تعیین ابعاد قسمت جذب موج

سازه و ابعاد قسمت جذب موج شامل دیواره مشبک و اتاقک موج را می‌توان با بررسی مشخصات جذب موج سازه مورد نظر و تغییرات جزر و مدی به گونه‌ای به دست آورد که ضریب بازتاب موج برای امواج هدف جذب شونده، کمتر از مقدار هدف شود.

نکات فنی

در مورد مشخصه‌های بازتابی صندوقه دارای درزهای قائم بدون دال بالایی به مراجع مربوط مراجعه شود.

۳-۲-۴- نیروی موج برای بررسی پایداری سازه‌ای

نیروی موج به کار رفته برای بررسی پایداری را می‌توان طبق بخش ۲، بند ۵-۲-۸- نیروی موج وارد بر صندوقه قائم جاذب موج به دست آورد.

۳-۲-۵- نیروی موج برای طراحی اعضای سازه‌ای

برای محاسبات طراحی اعضای سازه‌ای باید شدیدترین نیروی موج وارد بر هر عضو به کار رود.

تفسیر

در مورد نیروی موج وارد بر اعضای صندوقه جاذب موج به بخش ۲، بند ۵-۲-۸- نیروی موج وارد بر صندوقه قائم جاذب موج و بخش ۴، بند ۴-۲- نیروهای خارجی وارد بر اعضا مراجعه شود.

۳-۲-۴- موج‌شکن صندوقه‌ای با تاج شیبدار

۳-۲-۴-۱- کلیات

سازه مناسب برای موج‌شکن صندوقه‌ای با تاج شیبدار را می‌توان پس از بررسی کلی مشخصه‌های انتقال موج آن انتخاب و ترجیحا با انجام آزمایش مدل هیدرولیکی طراحی کرد.

تفسیر

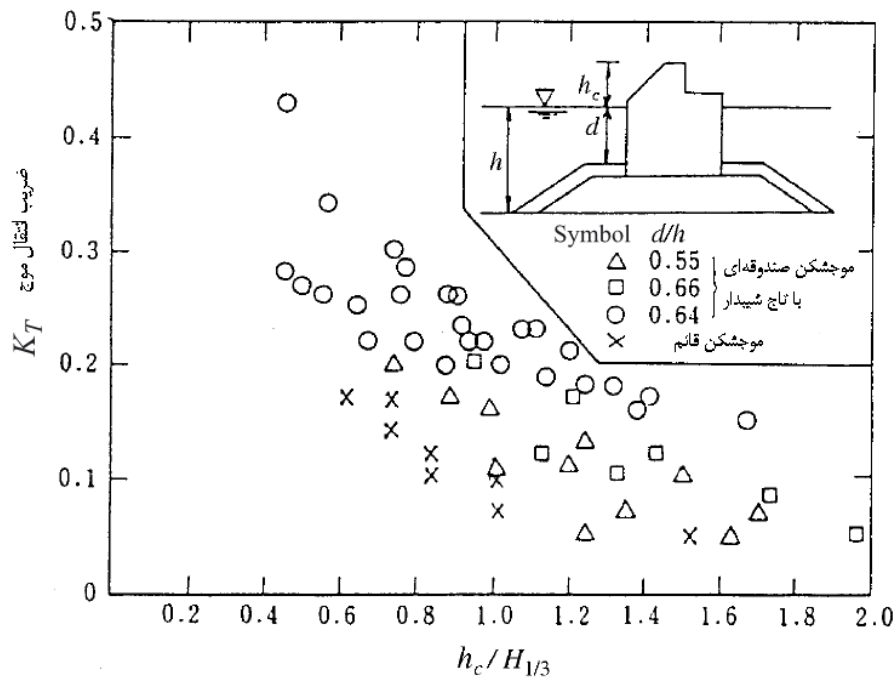
موج‌شکن صندوقه‌ای با تاج شیبدار، موج‌شکنی است که نیروی افقی موج را کوچکتر کرده و همچنین از نیروی قائم موج وارد بر قسمت تاج شیبدار برای افزایش پایداری صندوقه استفاده می‌کند. از آنجا که در این حالت انتقال موج بزرگتر از مقدار نظیر آن برای یک موج‌شکن قائم معمولی می‌باشد، تراز تاج را باید با دقت بیشتر و پس از در نظر گرفتن آرامش مورد نیاز در حوضچه بندر تعیین کرد.

نکات فنی

(۱) با بیشتر شدن شیب سطح شیبدار یک موج‌شکن صندوقه‌ای با تاج شیبدار، انتقال موج مستهلک می‌شود اما فشار موج افزایش یافته و بنابراین، مزیت کاهش فشار موج کمتر می‌شود. بر اساس آزمایش‌های انجام شده برای شیب‌های مختلف سطح شیبدار که نشان داده است ضریب انتقال موج نسبت به تغییر شیب سطح شیبدار تغییرات چشمگیری ندارد، توصیه می‌شود به منظور سهولت اجرایی و کارایی کاهش ضریب فشار موج، شیب سطح شیبدار به اندازه ۴۵ درجه در نظر گرفته شود. دیگر جزئیات سازه‌ای باید طبق بند ۲-۸- جزئیات سازه‌ها به دست آید.

(۲) همانگونه که در شکل (۷-۱۳) نشان داده شده است، ارتفاع موج انتقال یافته از روی موج‌شکن صندوقه‌ای با تاج شیبدار تقریباً معادل دو برابر ارتفاع موج انتقال یافته از روی موج‌شکن قائم با همان تراز تاج می‌باشد. وقتی تراز تاج برابر با ارتفاع موج مشخصه طراحی $H_{1/3}$ بالای تراز آب طراحی در نظر گرفته شود، این امکان وجود دارد که ارتفاع موج انتقال داده شده

را تا ترازى برابر با همان که در حالت یک موج شکن قائم دارى تراز تاجى به اندازه 0.6 برابر ارتفاع موج مشخصه طراحی وجود دارد، کاهش داد.



شکل ۷-۱۳- ضریب انتقال موج و ارتفاع دیواره تاج

۳) در حالت عادى، سطح شیبدار یک موج شکن صندوقه‌ای با تاج شیبدار به گونه‌ای در نظر گرفته می‌شود که در تراز آب ساکن شروع شود. با این حال، با در نظر گرفتن یک شکل نیمه مستغرق که در آن پنجه انتهایی سطح شیبدار پایین‌تر از تراز آب ساکن قرار دارد، استهلاک بیشتر نیروی موج امکان پذیر می‌شود.

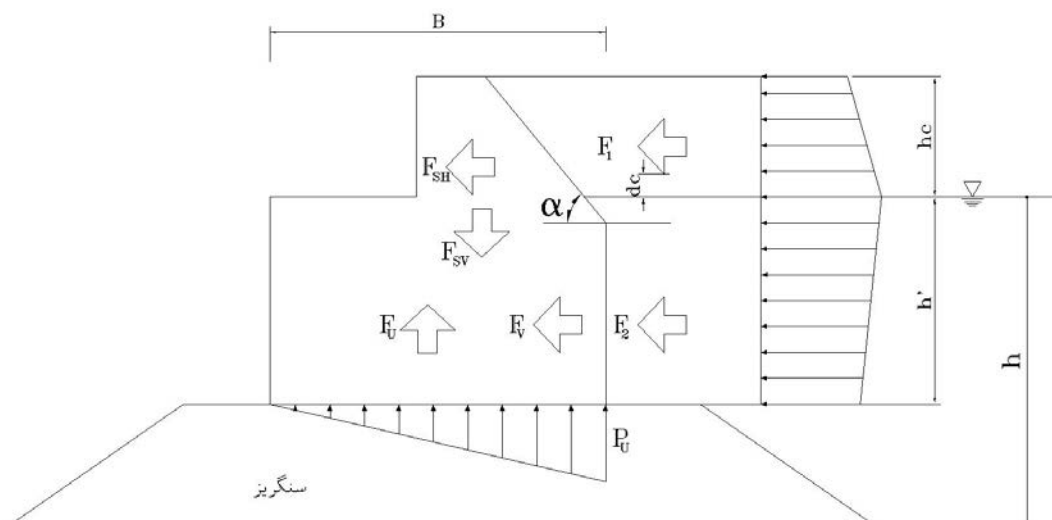
۴) با قراردادن یک سازه سنگچین متشکل از بلوک‌های مستهلک کننده موج در مقابل بخش قائم یک موج شکن صندوقه‌ای با تاج شیبدار، نه تنها امواج بازتاب شده کاهش بیشتری خواهد یافت بلکه کل سازه پایدارتر از یک موج شکن صندوقه‌ای با تاج شیبدار معمولی خواهد شد. با این حال، بسته به تراز تاج بلوک‌های بتنی مستهلک کننده موج، ممکن است نیروی موج شکنای ضربه‌ای تولید شود. علاوه بر این، باید توجه ویژه‌ای به پایداری بلوک‌های بتنی داشت، زیرا بلوک‌های مستهلک کننده موج که در پیرامون و زیر تراز آب ساکن نصب شده است در معرض جریان رو به پایین قوی از قسمت شیبدار قرار دارد.

۳-۲-۴-۲- نیروی موج

نیروی موج طراحی را می‌توان با انجام آزمایش مدل هیدرولیکی یا یک روش محاسباتی مناسب تعیین کرد.

نکات فنی

(۱) به عنوان یک اصل کلی، نیروی موج وارد بر یک موج‌شکن صندوقه‌ای با تاج شیبدار باید طبق نتایج آزمایش‌های مدل هیدرولیکی به دست آید. اما در صورت عدم امکان این موضوع، می‌توان از روابط زیر استفاده نمود (به شکل (۷-۱۴) مراجعه شود):



شکل ۷-۱۴- نیروی موج وارد بر موج‌شکن صندوقه‌ای با تاج شیبدار

$$F_X = F_{SH} + F_V = \lambda'_{SL} F_1 \sin^2 \alpha + \lambda_V F_2 \quad (1-3)$$

$$F_Z = -F_{SV} + F_U = \lambda'_{SL} F_1 \sin \alpha \cos \alpha + 0.5 P_U B \quad (2-3)$$

$$\lambda'_{SL} = \min \left[\max \left\{ 1.0, -23(H/L) / \tan^2 \alpha + 0.46 / \tan^2 \alpha + 1 / \sin^2 \alpha \right\}, 1 / \sin^2 \alpha \right] \quad (3-3)$$

$$\lambda_L = \min \left[1.0, \max \{ 1.1, 1.1 + 11d_c/L \} - 5.0(H/L) \right] \quad (4-3)$$

که در آنها:

F_X کل نیروی موج افقی وارد بر موج‌شکن صندوقه‌ای با تاج شیبدار (kN/m)

F_Z کل نیروی موج قائم وارد بر موج‌شکن صندوقه‌ای با تاج شیبدار (kN/m)

F_{SH} مولفه افقی نیروی موج وارد بر قسمت شیبدار یک موج‌شکن صندوقه‌ای شیبدار (kN/m)

F_{SV} مولفه قائم نیروی موج وارد بر قسمت شیبدار یک موج‌شکن صندوقه‌ای شیبدار؛ محوری که رو به پایین امتداد داده

شده است به عنوان مثبت در نظر گرفته شده است (kN/m)

F_V نیروی موج وارد بر قسمت قائم یک موج‌شکن صندوقه‌ای با تاج شیبدار (kN/m)

F_U نیروی بالابرنده وارد بر قسمت قائم یک موج‌شکن صندوقه‌ای با تاج شیبدار (kN/m)

F_1 مولفه نیروی موج افقی وارد بر دیواره قائم متناظر با قسمت شیبدار یک موج‌شکن صندوقه‌ای با تاج شیبدار که طبق

رابطه فشار موج Goda به دست آمده است (kN/m)

F_2 مولفه نیروی موج افقی وارد بر دیواره قائم متناظر با قسمت قائم یک موج شکن صندوقه ای با تاج شیبدار که طبق رابطه فشار موج Goda به دست آمده است (kN/m)

λ'_{SL} : ضریب اصلاحی نیروی موج وارد بر قسمت شیبدار

λ_V : ضریب اصلاحی نیروی موج وارد بر قسمت قائم

α : شیب قسمت شیبدار (درجه)

P_U فشار بالابرنده در پنجه رویی یک صندوقه معمولی که توسط رابطه فشار موج Goda به دست آمده است (kN/m^2)

B عرض صندوقه موج شکن صندوقه ای با تاج شیبدار (متر)

H ارتفاع موج (متر)

L طول موج (متر)

d_c فاصله بین تراز آب ساکن تا تراز کف قسمت شیبدار (وقتی که تراز کف بالای تراز آب ساکن قرار داشته باشد، d_c مثبت

در نظر گرفته می شود) (متر)

ضریب λ'_{SL} در شرایط مختلف به صورت زیر تعیین می شود:

الف) وقتی H/L نسبتاً کوچک باشد:

$$\lambda'_{SL} = \sin^{-2} \alpha \quad \Rightarrow \quad F_{SH} = F_1, \quad F_{SV} = F_1 \tan^{-1} \alpha$$

ب) وقتی H/L بزرگ باشد:

$$\lambda'_{SL} = 1.0 \quad \Rightarrow \quad F_{SH} = F_1 \sin^2 \alpha, \quad F_{SV} = F_1 \sin \alpha \cos \alpha$$

پ) وقتی H/L بین دو حالت بالا باشد، λ'_{SL} با افزایش H/L کوچکتر می شود.

در مورد λ_V ، وقتی H/L نسبتاً کوچک باشد، $\lambda_V = 1.0$ ، و با بزرگتر شدن H/L کاهش می یابد.

لازم به ذکر است که این روش محاسبه نیروی موج، برای آن نواحی از دریای باز کاربرد دارد که در آن عمق آب نسبتاً زیاد

و پیوند موج طراحی بزرگ باشد. پیش از ارائه این روش محاسباتی، نیروی موج با فرض $\lambda'_{SL} = \lambda_V = 1.0$ به عنوان یک

روش ساده به کار گرفته می شد که این روش مقداری را به دست می دهد که تا حدی دارای ضریب ایمنی بیشتر می باشد،

مگر زمانی که H/L نسبتاً کوچک باشد.

۳-۳- موج شکن های نوع غیر وزنی

در مورد موج شکن هایی که شکل سازه ای آنها متفاوت از موج شکن نوع وزنی می باشد، محاسبات مربوط پایداری باید

به گونه مناسب و با توجه به فصل ۲- موج شکن ها و بند ۳-۲- موج شکن ویژه وزنی و همچنین دیگر بخش های مربوط به

پایداری سازه ای صورت گیرد. با این حال، هنگام کاربرد شکل های سازه ای منحصر به فرد، پایداری سازه را باید طبق

آزمایش مدل هیدرولیکی مناسب یا راهکارهای تحلیلی مناسب متناظر با مشخصه های سازه ها به دست آورد.

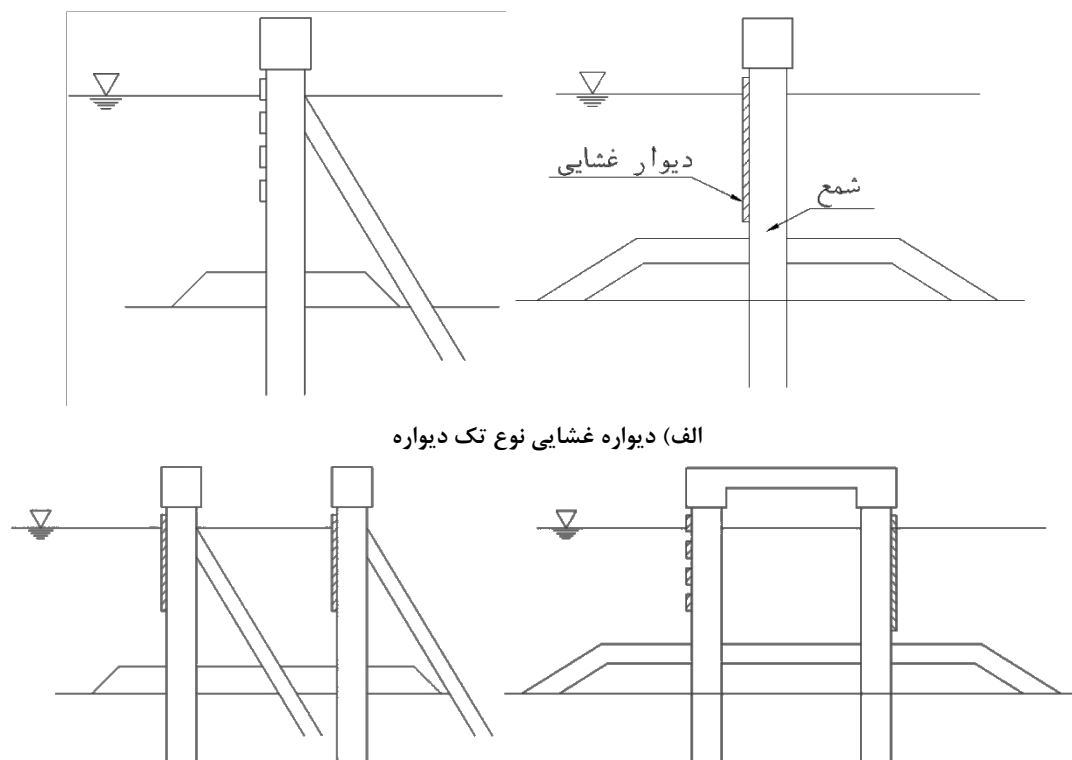
۳-۳-۱- موج‌شکن دیواره غشایی

۳-۳-۱-۱- کلیات

برای یک موج‌شکن دیواره غشایی، سازه مناسب را می‌توان با بررسی ضرایب انتقال و بازتاب موج انتخاب کرد و در صورت ضرورت، می‌توان ترجیحا آن را توسط آزمایش مدل هیدرولیکی طراحی نمود.

تفسیر

یک موج‌شکن دیواره غشایی، نوعی سازه تراوای حمایت شده توسط شمع می‌باشد که در خلیج‌های کوچک با ارتفاع موج نسبتاً کم یا در مواردی که خاک بستر دریا سست و ضعیف باشد، ساخته می‌شود. به طور کلی، این نوع موج‌شکن بسته به اینکه پیکره‌بندی پانل دیواره غشایی بتنی به شکل تک ردیف باشد یا دو ردیف، به دو دسته نوع تک دیواره و نوع دیواره مضاعف تقسیم‌بندی می‌شود (شکل ۷-۱۵). این دو نوع به نوبه خود، بسته به نوع شمع‌های حمایت‌کننده یا پانل‌های دیواره‌ای یا شکل درزهای موجود در پانل‌های دیواره غشایی، به انواع گوناگون طبقه‌بندی می‌شوند. علاوه بر این، موج‌شکنی که بدون پانل دیواره غشایی باشد و توسط شمع‌های فولادی در برابر امواج مقاومت کند، موج‌شکن حمایت‌شده توسط شمع فولادی نامیده می‌شود. مفاهیم طراحی موج‌شکن‌های دیواره غشایی را می‌توان برای موج‌شکن‌های حمایت شده توسط شمع فولادی نیز به کار برد.



الف) دیواره غشایی نوع تک دیواره

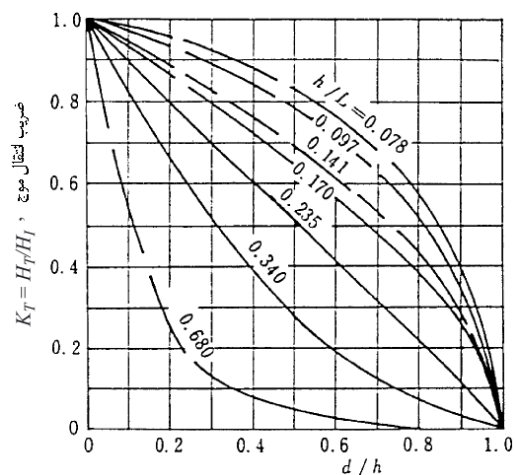
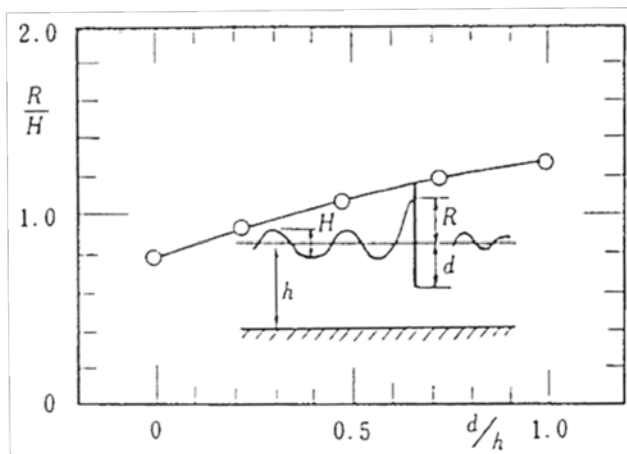
ب) دیواره غشایی نوع دیواره مضاعف

شکل ۷-۱۵- طبقه‌بندی موج‌شکن‌های دیواره غشایی

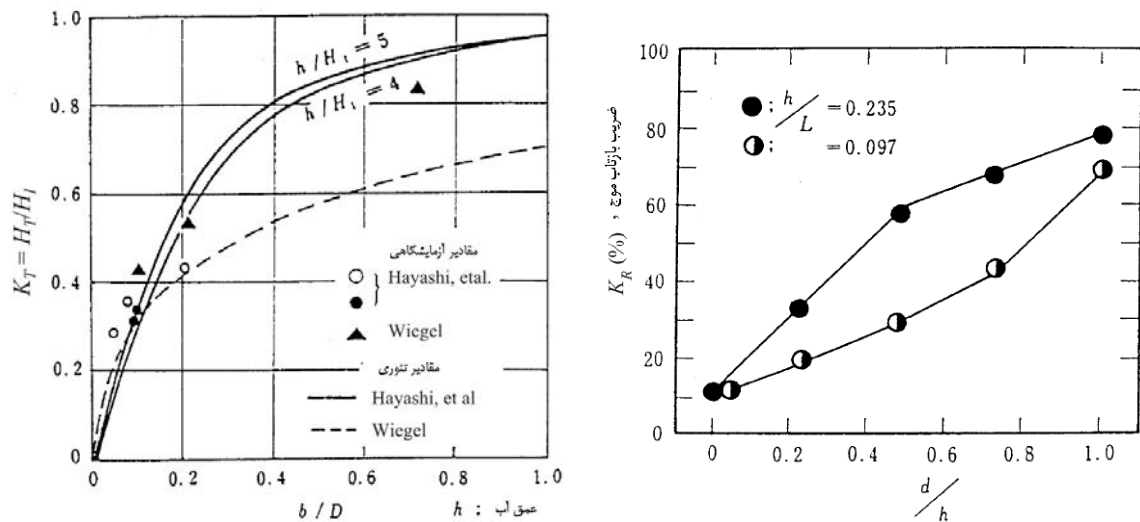
نکات فنی

(۱) به منظور مطالعه موج شکن‌های دیواره غشایی، Morihiro و همکاران آزمایش‌های مدل هیدرولیکی را با تمرکز بر روی نوع تک دیواره صلب انجام داده‌اند. بر اساس نتایج این مطالعه، وقتی که ضریب انتقال موج از پیش معلوم باشد، عمق کف دیواره غشایی را می‌توان از روی شکل (۷-۱۶) و ارتفاع تاج آن را از شکل (۷-۱۷) به دست آورد. تراز تاج دیواره غشایی در شکل (۷-۱۷) با انجام اصلاحاتی بر روی داده‌های آزمایشگاهی و انتخاب $R/H = 1/25$ برای $d/h = 1/0$ به دست آمده است و از آن نمی‌توان تراز تاج دیواره‌ای را به دست آورد که از روگذری به طور کامل جلوگیری کند. در شکل‌ها، d عمق کف دیواره غشایی، h عمق آب، L طول موج، R ارتفاع تاج دیواره غشایی، و H ارتفاع موج است. رابطه بین ضریب بازتاب موج و عمق نسبی دیواره غشایی برای نوع تک دیواره در شکل (۷-۱۸) نشان داده شده است.

(۲) با انتخاب گزینه موج شکن حمایت شده توسط شمع، این امکان وجود خواهد داشت که شمع‌های فولادی را با فواصل ویژه‌ای کوبید و در نتیجه یک موج شکن از نوع تراوا به وجود آورد. براساس مطالعه Hayashi و همکاران، رابطه بین ضریب انتقال موج K_T و نسبت فاصله شمع‌ها به قطر شمع b/D در شکل (۷-۱۹) نشان داده شده است. هر چه فاصله بین شمع‌ها بیشتر شود، لنگر ایجاد شده توسط نیروی موج کاهش خواهد یافت، اما این اثر تنها تا $b/D = 0/1$ مشاهده شده است. برای این نوع موج شکن‌ها باید توجه ویژه‌ای به آب شستگی زمین بین شمع‌ها شود.



شکل ۷-۱۶- رابطه بین ضریب انتقال موج و d/h (نوع تک دیواره) شکل ۷-۱۷- منحنی محاسبه ارتفاع تاج دیواره غشایی (نوع تک دیواره)



شکل ۷-۱۸- رابطه بین ضریب بازتاب موج و d/h (نوع تک دیواره) شکل ۷-۱۹- رابطه بین ضریب انتقال موج و نسبت فاصله شمع‌ها به قطر شمع

۳-۱-۳-۲- نیروی موج

نیروی موج وارد بر یک موج‌شکن دیواره غشایی از نوع تک دیواره با نوع دیواره مضاعف تفاوت داشته و همچنین به مواردی همچون شکل و اندازه درزه‌های پانل غشاء بستگی دارد. با در نظر گرفتن این عوامل تاثیرگذار، نیروی موج را می‌توان بر مبنای آزمایش‌های مدل هیدرولیکی یا از یک روش محاسباتی مناسب به دست آورد.

۳-۱-۳-۳- طراحی شمع

محاسبه شدت تنش در شمع‌های یک موج‌شکن دیواره غشایی را می‌توان طبق بخش ۸، بند ۵-۹- طراحی شمع انجام داد. عمق نفوذ شمع برای موج‌شکن دیواره غشایی را می‌توان طبق بخش ۵، فصل ۴- ظرفیت باربری شمع‌ها به دست آورد.

۳-۲-۳-۲- موج‌شکن شناور

۳-۲-۳-۱- کلیات

سازه مناسب برای یک موج‌شکن شناور را می‌توان با در نظر داشتن مشخصه‌های انتقال موج و پایداری انتخاب کرده و سپس در صورت نیاز با استفاده از آزمایش مدل هیدرولیکی طراحی نمود.

تفسیر

(۱) موج‌شکن شناور از قرار دادن چندین قطعه شناور بر روی آب ایجاد شده و از انتشار موج جلوگیری می‌کند. از مزایای این موج‌شکن می‌توان به عدم تداخل با جریان‌های ساحلی یا رانه ساحلی و عدم وابستگی آن‌ها به شرایط زمین یا بازه جزر و

مدی و نیز سیار بودن آن اشاره کرد. با این حال، این گونه موج شکن‌ها دارای نقاط ضعفی نیز می‌باشند که در این زمینه می‌توان به مواردی همچون اجازه انتقال امواج نسبتاً بزرگ، وابستگی زیاد کارایی ایجاد ناحیه امن به مشخصه‌های موج، قابلیت کاربرد آن فقط برای امواج کوچک به دلیل مقاومت محدود آن در برابر نیروی امواج، و ناشناخته بودن مکانیزم مقاومت سیستم مهاربندی آنها در برابر بارهای ناگهانی نوسانی، اشاره کرد. به علاوه، این مشکل نیز وجود دارد که در صورت پاره شدن طناب‌های مهاربندی، ممکن است صدمات ثانویه‌ای به دلیل حرکت و برخورد قطعات شناور ایجاد شود.

(۲) جانمایی و شکل موج شکن شناور باید به گونه‌ای تعیین شود که آرامش مورد نیاز فراهم گردد. هنگام تعیین این عوامل، می‌توان ترجیحا از آزمایش مدل هیدرولیکی استفاده کرده و ضریب انتقال موج را اندازه گرفت. در مورد راهکارهای تحلیلی، روش محاسبه تقریبی حرکات قطعه شناور مستطیلی دوبعدی توسط Ito و همکاران و نظریه Ijima برای اجسام با شناوری آزاد قابل کاربرد می‌باشند.

نکات فنی

طراحی موج شکن شناور را می‌توان به بهترین وجه با روند مورد اشاره در نمودار نشان داده شده در شکل (۷-۲۰) انجام داد.

۳-۲-۲- انتخاب شرایط طراحی

هنگام طراحی موج شکن شناور، عوامل زیر باید در نظر گرفته شوند:

(۱) عوامل مربوط به کارکرد موج شکن شناور

الف) امواجی که باید کنترل شود (ارتفاع، پریود و جهت)

ب) تراز جزر و مدی و عمق آب

پ) میزان آرامش مورد نیاز

(۲) عوامل مربوط به پایداری موج شکن شناور

الف) موج طراحی (ارتفاع، پریود و جهت)

ب) تراز جزر و مدی و عمق آب

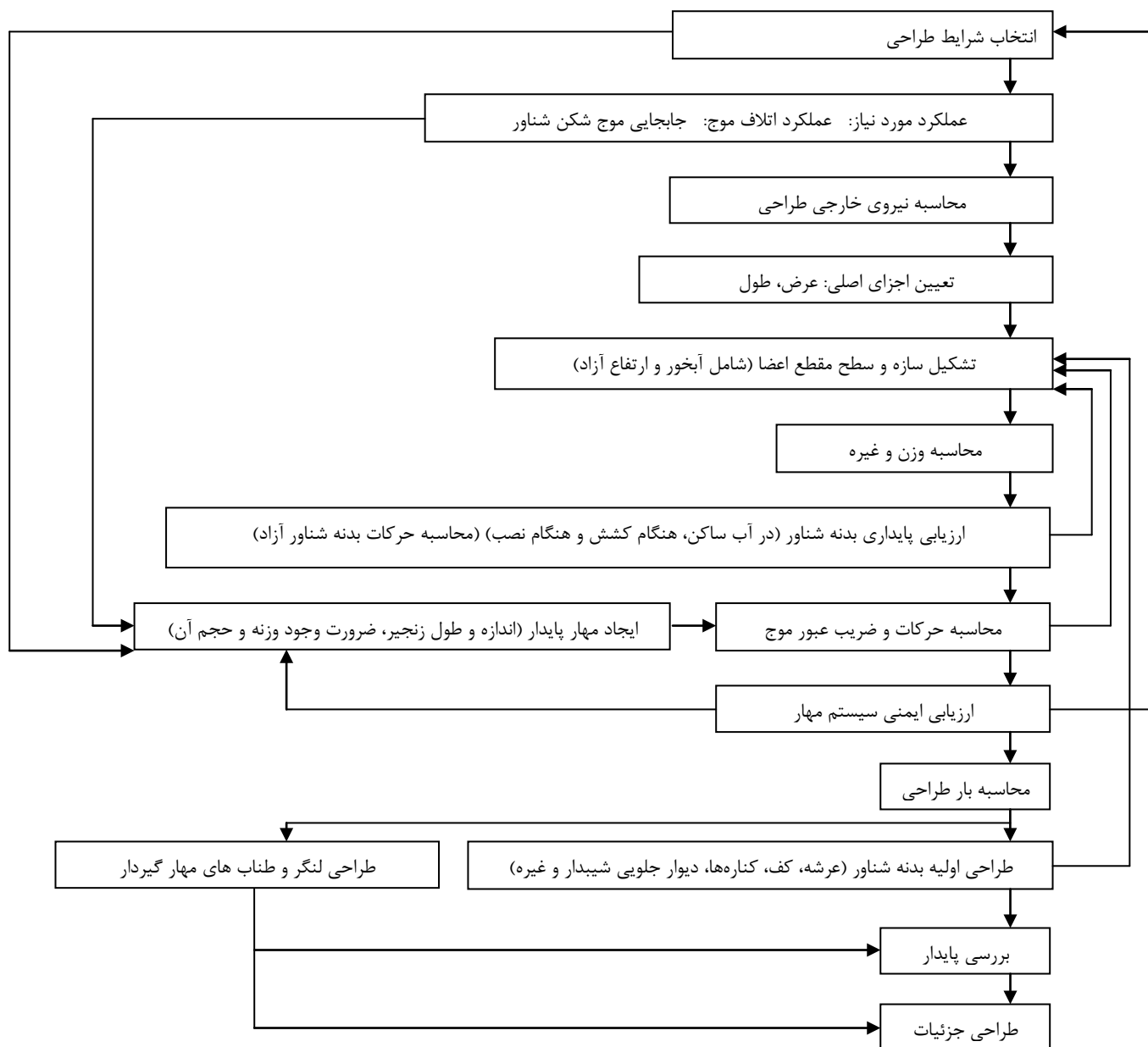
پ) جریان (سرعت و جهت جریان)

ت) باد (سرعت، جهت باد)

ث) شرایط زمین

ج) دامنه مجاز حرکت

چ) دیگر موارد (برخورد شناورها و غیره)



شکل ۷-۲۰- مراحل طراحی موج‌شکن‌های شناور

۳) نیروهای خارجی طراحی

نیروهای خارجی به کار رفته در طراحی را می‌توان طبق بخش ۲، فصل ۸- نیروهای خارجی وارد بر جسم شناور و حرکات آن به دست آورد.

۳-۳-۲-۳- طراحی سیستم مهاربندی

برای مسائل مرتبط با طراحی مهاربندی و بررسی ایمنی سیستم مهاربندی می توان به بخش ۲، بند ۸-۳- حرکات جسم شناور و نیروی مهاربندی مراجعه کرد.

تفسیر

(۱) مسائل مرتبط با طراحی مهاربندی را می توان به دو مرحله تقسیم بندی کرد:

الف) مرحله اول: در این مرحله نیروهای کششی که به طناب های مهاربندی وارد خواهد شد و لنگرهای وزنی از راه تحلیل های دینامیکی و استاتیکی و با در نظر گرفتن شرایط مهاربندی گوناگون همچون روش مهاربندی و طول طناب یا زنجیر به دست خواهد آمد.

ب) مرحله دوم: در این مرحله طراحی جزییات طناب های مهاربندی و لنگرهای وزنی انجام شده و پایداری سازه بر اساس نیروهای کششی و دیگر یافته های مرحله اول، مورد تایید قرار می گیرد.

(۲) انتخاب یک سیستم مهاربندی باید با در نظر گرفتن مسائلی همچون نیروهایی که به سیستم وارد خواهد شد، عمق آب، دامنه جزر و مدی، شرایط بستر دریا، امواج، شرایط خاک و طول طناب های مهاربندی، انجام شود.

(۳) لنگر مهاربندی باید به گونه ای طراحی شود که مقاومت های افقی و قائم آن به ترتیب از نیروهای افقی و قائم وارد بر آن بزرگتر باشد.

(۴) تحلیل دینامیکی طناب های مهاربندی عبارت از تعیین جابجایی و کشش نوسانی ناشی از حرکات جسم شناور بوده و شامل دو دسته راهکار زیر می باشد:

الف) روش های تحلیل این عوامل بر اساس مشخصه های مهاربندی استاتیکی

ب) روش های تحلیل این عوامل بر اساس ویژگی های پاسخ دینامیکی طناب های مهاربندی

(۵) نیروهای وارد بر لنگر مهاربندی در بخش ۸، بند ۱۲-۴-۳- طراحی لنگر مهاربندی توضیح داده شده است.

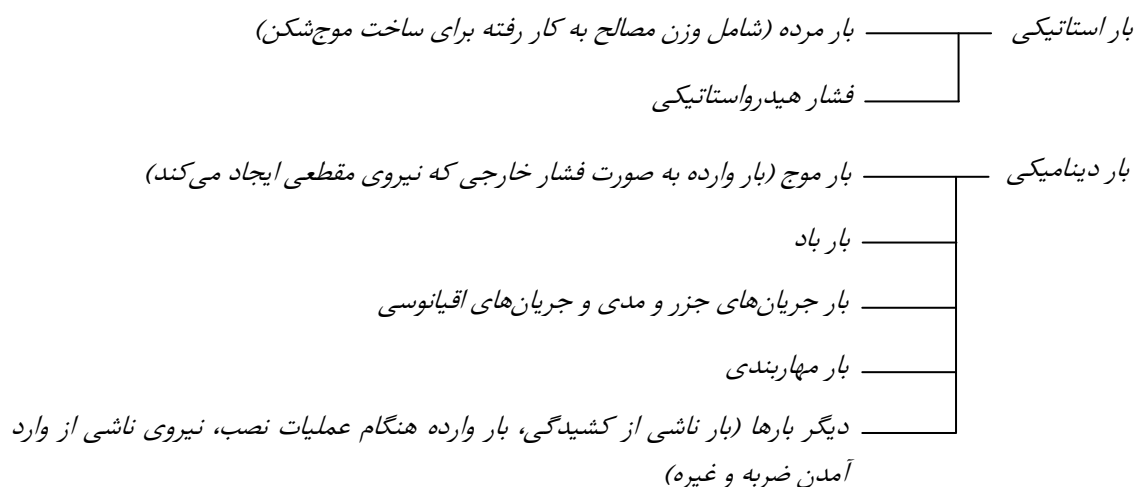
۳-۳-۲-۴- طراحی سازه جسم شناور

جسم شناور باید مقاومت کافی برای ایمنی سازه به عنوان یک مجموعه و همچنین برای هر عضو سازه ای آن را دارا باشد.

تفسیر

(۱) هنگام انتخاب کیفیت مصالح اعضای سازه ای موج شکن شناور، ضروری است مشخصه های مصالح و هزینه ها به طور دقیق مورد بررسی قرار گیرند.

(۲) بارهایی که باید از دیدگاه مقاومت سازه ای موج شکن شناور در نظر گرفته شوند، به دو نوع بار استاتیکی و بار دینامیکی به شرح زیر تقسیم می شود:



در مورد موج‌شکن شناور، بارهایی که در حالت عادی از دیدگاه تحلیل مقاومتی در نظر گرفته می‌شود، به صورت زیر می‌باشد:

مقاومت طولی: تنش‌های به وجود آمده در آب ساکن یا زیر اثر امواج (لنگر خمشی طولی، نیروی برشی، لنگر پیچشی).
مقاومت جانبی: نیروهای برشی که هنگام قرارگیری در معرض امواج در راستای عمود بر محور طولی به وجود می‌آید (لنگر خمشی، نیروی برشی).
مقاومت مقطع: تنش‌هایی (همانند بالا) که در پانل‌های دیواره‌ای و تیرهای اصلی به وجود می‌آید.

نکات فنی

(۱) روش‌های محاسبه مقاومت طولی به دو دسته تقسیم می‌شود، یکی روش‌هایی که حرکات جسم شناور را در نظر می‌گیرد، و دیگری روش‌هایی که این حرکات را در نظر نمی‌گیرد. از بین پرکاربردترین روش‌های محاسباتی که حرکات جسم شناور را در نظر نمی‌گیرد می‌توان به رابطه Muller و «قانون Veritus» اشاره کرد. از سوی دیگر، رابطه Ueda نوعی روش محاسباتی است که حرکات جسم شناور را در نظر می‌گیرد. مقایسه‌ای بین این دو روش در مراجع صورت گرفته است که هنگام انجام محاسبات می‌توان به آنها مراجعه نمود.

(۲) در مورد پایداری جسم شناور به بخش ۸، بند ۱۲-۳- طراحی پانتون مراجعه شود.

فصل ۴

حوضچه‌های تنظیم تراز آب

۴-۱- انتخاب موقعیت

برای آن که عملیات حوضچه تنظیم تراز آب در هنگام ورود و خروج شناورها، ایمن و روان انجام شود، موقعیت آن باید به طور مناسب و در پاسخ به شرایط طبیعی سایت و ابعاد اصلی و تعداد شناورهای پذیرش شونده، انتخاب شود.

تفسیر

- (۱) از آنجا که ممکن است ورود و خروج شناورها در اثر عواملی همچون باد، موج، جریان جزر و مدی و رانه ساحلی دچار مشکل شود، بهتر است که ناحیه‌ای با آب نسبتاً ساکن و آرام برای موقعیت حوضچه تنظیم تراز آب در نظر گرفته شود. در مواردی که شرایط آب آرام نباشد، باید با اجرای موج‌شکن، دستک هدایت‌کننده و یا دستک راهنما، ناحیه آب آرامی در مجاورت حوضچه تنظیم تراز آب ایجاد شود.
- (۲) همچنین اندازه و تعداد شناورهایی که از راه حوضچه تنظیم تراز آب تردد خواهد کرد، عامل تعیین‌کننده‌ای در انتخاب موقعیت می‌باشد. به همین علت موقعیت سایت حوضچه تنظیم تراز آب باید به گونه‌ای باشد که بتوان ناحیه آبی وسیعی را برای لنگراندازی و حوضچه چرخش شناور فراهم آورد.
- (۳) علاوه بر موارد بالا، موقعیت حوضچه تنظیم تراز آب باید با توجه به شرایط کاربری زمین یا شرایط تردد وسائط نقلیه در خشکی انتخاب شود.

۴-۲- اندازه و جانمایی حوضچه تنظیم تراز آب

- (۱) جانمایی حوضچه تنظیم تراز آب باید با شرایط طبیعی سایت، ابعاد اصلی و تعداد شناورهای سرویس‌دهی شونده سازگاری داشته باشد، به گونه‌ای که عملیات ورود و خروج شناورها به آرامی و با ایمنی کامل صورت پذیرد.
- (۲) ابعاد محفظه حوضچه تنظیم تراز آب باید به شکلی مناسب و بر اساس روابط زیر تعیین شود. هنگام استفاده از این روابط، باید مقادیر مناسبی برای عمق آزاد و همچنین رواداری‌های طول و عرض با توجه به حرکات شناور در حوضچه تنظیم تراز آب در نظر گرفته شود.

الف) عمق آب موثر = آبخور شناور سرویس‌دهی شونده + فاصله آزاد زیر کشتی

ب) عرض موثر = عرض شناور × تعداد شناورها در راستای عرضی + رواداری عرض

پ) طول موثر = طول شناور × تعداد شناورها در یک خط طولی + رواداری طول

نکات فنی

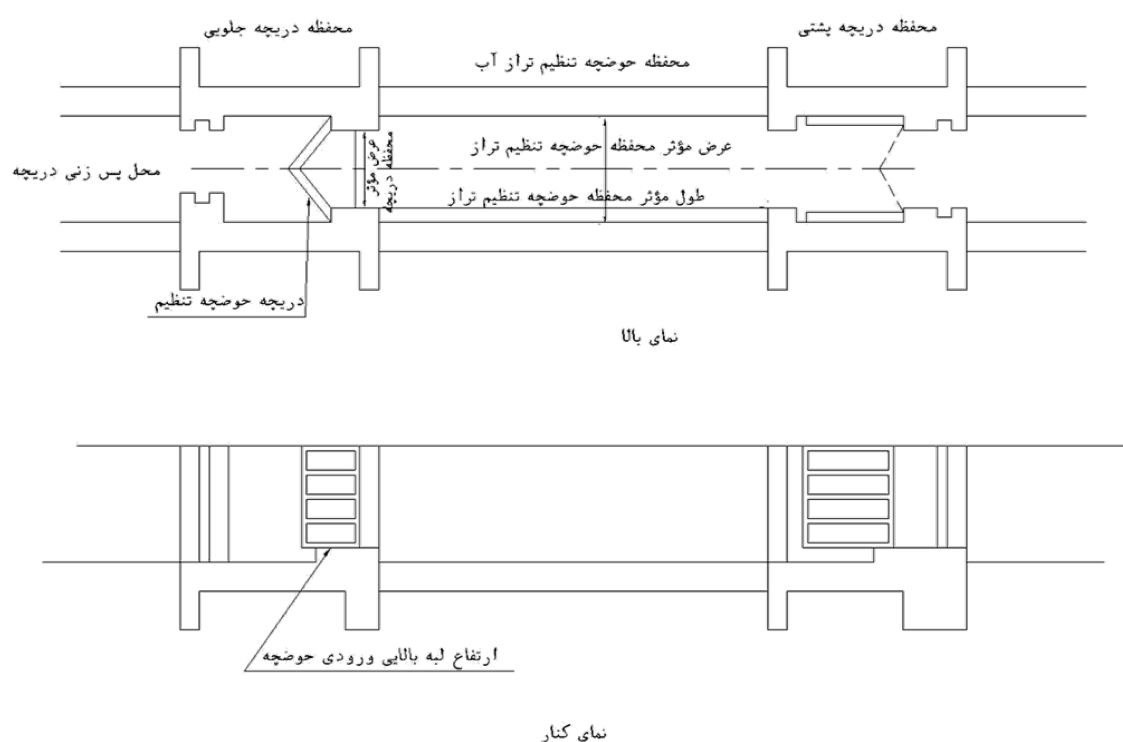
- (۱) اسامی قسمت‌های مختلف یک حوضچه تنظیم تراز آب در شکل (۷-۲۱) نشان داده شده است.

(۲) در حالت کلی، فاصله‌گذاری‌های آزاد ابعاد مختلف برای حوضچه‌های تنظیم تراز آب به اندازه شناور طرح بستگی دارد. با این حال، Fukuda مقادیر زیر را برای حوضچه‌های تنظیم تراز آبی که به شناورهای کوچک سرویس‌دهی می‌کند، ارائه کرده است:

رواداری عمق آب مؤثر: ۰/۲ تا ۱/۰ متر

رواداری عرض مؤثر: ۰/۲ تا ۱/۲ متر

رواداری طول مؤثر: ۳ تا ۱۰ متر



شکل ۷-۲۱- اسامی قسمت‌های مختلف حوضچه تنظیم تراز آب

۴-۳- انتخاب نوع سازه‌ای

۴-۳-۱- دریچه

دریچه‌های مربوط به حوضچه‌های تنظیم تراز آب دارای ساختاری می‌باشد که برای اندازه حوضچه تنظیم، زمان عملیات، اختلاف تراز آب و نیروهای خارجی همچون موج، ایمن باشد. دریچه‌ها باید شرایط لازم زیر را برآورده کنند:

(۱) سازه اصلی دریچه، تکیه‌گاه‌های دریچه و مقاطع ثابت پیرامونی باید در برابر بارهایی که در شرایط معمولی وارد می‌شود و نیز حین زلزله کاملاً ایمن بوده و این بارها باید به طور کامل توسط شالوده سازه تحمل شود.

(۲) دریچه‌ها باید آب‌بند باشد.

۳) دریچه‌ها باید عملکردی روان و مطمئن داشته باشد.

۴) اجزای مکانیکی و دیگر قسمت‌های متحرک باید به راحتی قابل بازرسی باشد.

نکات فنی

دریچه‌های به کار رفته برای حوضچه‌های تنظیم تراز آب باید در برابر خوردگی و فرسایش اعضای سازه‌ای مقاوم باشد.

۴-۳-۲- محفظه حوضچه تنظیم تراز آب

محفظه حوضچه تنظیم تراز آب باید دارای ساختاری همخوان و سازگار با شرایط شالوده، اختلاف تراز بین درون و بیرون محفظه حوضچه تنظیم، ابعاد و تعداد شناورهای سرویس‌دهی شونده، و مقدار آب پمپ شده به محفظه دریچه و تخلیه شده از محفظه حوضچه تنظیم باشد.

۴-۴- نیروهای خارجی و بارهای وارد بر حوضچه تنظیم تراز آب

محفظه‌های دریچه و محفظه حوضچه تنظیم باید دارای ساختاری مقاوم در برابر نیروی عکس‌العمل شالوده، بار مرده دیوارهای جانبی و دال کف، وزن دریچه و نیروی ضربه‌ای شناورها باشد.

نکات فنی

هنگام طراحی محفظه‌های دریچه و محفظه‌های حوضچه تنظیم تراز آب، باید بار مرده تاسیسات جانبی همچون اتاق عملیات و اتاقک تجهیزات مکانیکی را نیز به حساب آورد.

۴-۵- سیستم پمپاژ و تخلیه

سیستم پمپاژ و تخلیه برای تنظیم تراز آب محفظه حوضچه تنظیم باید به گونه‌ای باشد که عملکرد آن سبب حرکت دادن شناورهای درون محفظه حوضچه نشود. همچنین این سیستم باید توانایی پمپاژ و تخلیه سریع آب را در محفظه حوضچه تنظیم داشته باشد.

۴-۶- تاسیسات جانبی

حوضچه‌های تنظیم تراز آب باید بسته به ضرورت دارای تاسیسات جانبی زیر باشد:

۱) تاسیسات اورژانسی

۲) تاسیسات روشنایی

۳) تاسیسات تامین برق

۴) تاسیسات کنترلی و ابزار دقیق

۵) تاسیسات نگهداری

فصل ۵

تاسیسات پیشگیری از کم عمقی و
رسوب گذاری

۵-۱- کلیات

هرگاه در بندر یا کانال ناوبری انتظار کم عمقی وجود داشته باشد، وضعیت و نرخ آن را می توان از بررسی دقیق و جزئی پدیده هایی که سبب کم عمقی می شود، به دست آورد. پس از در نظر گرفتن اثرات مختلف ناشی از کارهای پیشگیری از کم عمقی و هزینه های اجرایی و بهره برداری آنها، باید اقدامات پیشگیرانه مناسبی به کار برده شود.

تفسیر

کم عمقی به پدیده کم شدن عمق حوضچه ها و کانال گفته می شود که علت آن ورود و پر شدن قسمت های داخلی بندر همچون کانال ناوبری و ناحیه لنگراندازی توسط رسوبات ناشی از ماسه های بادرفتی، آورد رسوبی رودخانه ها و رانه ساحلی می باشد. پدیده فرونشست و ته نشینی رسوبات که با کم شدن عمق آب همراه است، سبب مختل شدن کارکردهای مختلف بندر می شود. همچنین این امکان نیز وجود دارد که بدون آنکه حجم خالص رسوبات بستر کم یا زیاد شود، ایجاد امواج ماسه ای و یا گسیختگی شانه های شیب دار یک کانال ناوبری لایروبی شده، عمق کانال ناوبری به طور موضعی کمتر از عمق مورد نیاز شود. رسوب گذاری به پدیده کم عمقی ناشی از ته نشینی لای یا دیگر رسوبات ریزدانه گفته می شود.

کم عمقی به دلایل زیر رخ می دهد:

(الف) ورود و ته نشینی رانه ساحلی (ناشی از امواج و/یا جریان ها)

(ب) فرونشست و ته نشینی آورد رسوبی رودخانه ها

(پ) ته نشینی و رسوب گذاری ماسه های بادرفتی

(ت) حرکت رسوبات در ناحیه مورد نظر یا تغییر در مکان رسوب گذاری

(ث) حرکت رسوبات ناشی از ایجاد امواج در درون یک لنگرگاه، از راه گسیختگی شانه های خاکی شیب در کانال ناوبری، و همچنین از راه تشکیل موج ماسه ای و غیره.

۵-۲- دستک

۵-۲-۱- جانمایی دستک

(۱) موقعیت دستک را باید با در نظر گرفتن مشخصه های انتقال رسوبات به گونه ای تعیین کرد که بتوان به وسیله آن رانه ساحلی را مطابق با عملکرد مورد انتظار، کنترل نمود.

(۲) در حالت کلی، دستک در سمت بالادست، به طور عمود بر ساحل در ناحیه شکست موج قرار می گیرد. در ناحیه فراساحل، دستک به گونه ای قرار داده می شود که انتقال رسوبات به سمت بالادست دهانه بندر منحرف شود.

(۳) در حالتی که دستک در سمت پایین دست بندر قرار داشته و نقش آن جلوگیری از ورود رسوبات انتقال داده شده از سمت پایین دست بندر باشد، باید دارای جانمایی عمود بر خط ساحلی بوده و نیز دارای طول کافی سازگار با

راستا و شیوه شکل‌گیری امواج تابشی باشد. وقتی که قرار باشد دستک، نقش یک موج‌شکن را ایفا نماید، جانمایی آن باید به گونه‌ای باشد که کارکردهای یک موج‌شکن را به خوبی برآورده کند.

(۴) در صورتی که در مکانی همچون مجاورت یک کانال نوابری درون یک لنگرگاه نیاز به دستک باشد، انتخاب موقعیت آن باید با توجه به شرایط طبیعی صورت گیرد.

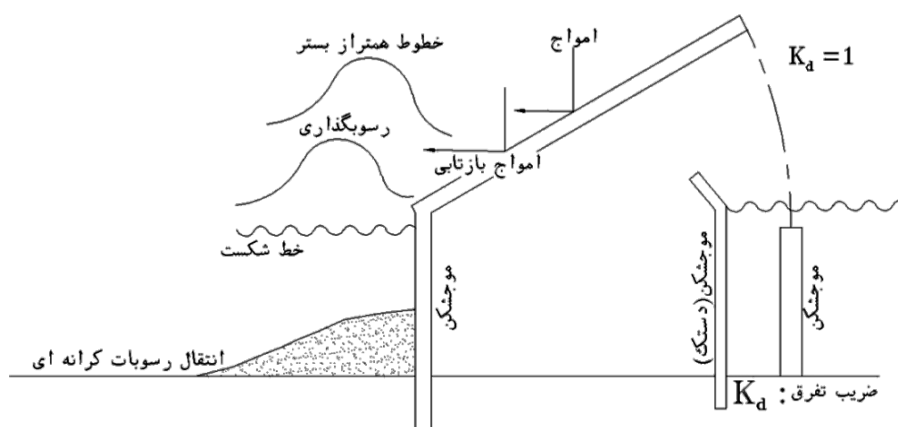
تفسیر

اگر موج‌شکن‌های یک بندر در ساحل ماسه‌ای قرار داشته باشد دارای هر دو کارکرد دستک و موج‌شکن بوده و این دو کارکرد تفکیک‌ناپذیر می‌باشند. در این بخش، کارکرد عمومی‌تر آنها مدنظر قرار گرفته و به آنها موج‌شکن گفته می‌شود، مگر زمانی که عملکرد آنها به عنوان یک دستک غالب‌تر باشد.

نکات فنی

(۱) جانمایی موج‌شکن‌های بالادست

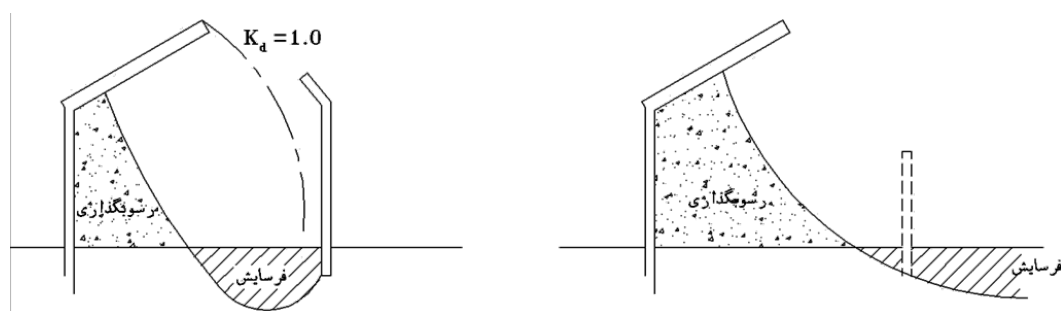
موج‌شکن بالادست باید در راستای عمود بر خط ساحل در ناحیه شکست موج امتداد داده شود، به گونه‌ای که سبب به تله انداختن و رسوب‌گذاری رانه ساحلی در بالادست موج‌شکن شود (به شکل (۷-۲۲) مراجعه شود). وقتی میزان پیشروی کم باشد یا به طور اریب نسبت به خط ساحلی رو به سمت پایین‌دست باشد، کارایی تله‌اندازی رسوبات در سمت بالادست کاهش یافته و ماسه می‌تواند به راحتی در طول موج‌شکن به سوی دهانه حرکت کند. وقتی این قسمت با زاویه اریب نسبت به خط ساحل رو به پایین‌دست باشد، به راحتی سبب آب‌شستگی موضعی در سمت بالادست می‌شود. در ناحیه عمیق‌تر از خط شکست موج، موج‌شکن باید به طور اریب اجرا شود به گونه‌ای که همزمان سبب توقف امواج و نیز پراکنده ساختن انتقال رانه ساحلی به سمت بالادست دهانه بندر به کمک امواج بازتابی یا امواج دنباله ماخ (Mach-stem) شود (به شکل (۷-۲۲) مراجعه شود).



شکل ۷-۲۲- جانمایی مفهومی موج‌شکن (دستک)

۲) مکان موج شکن پایین دست و زمان اجرا

هنگامی که موج شکن بالادست امتداد داده شده و خط امتداد موج شکن پایین دست را قطع کند، در سمت پایین دست موج شکن پایین دست رسوب گذاری شروع خواهد شد. در این حالت، پشته رسوبی از طرف ساحل به سمت دهانه بندر پیشروی خواهد نمود، و در نواحی پایین دست با فاصله زیاد از بندر پدیده فرسایش ساحل رخ خواهد داد. از سوی دیگر، همانگونه که در شکل (۷-۲۳-الف) نشان داده شده است، در صورتی که ساخت موج شکن پایین دست حین اجرای موج شکن بالادست شروع شود و بخش اریب موج شکن بالادست هنوز به قدر کافی امتداد داده نشده باشد، ممکن است فرسایش چشمگیری در وجه داخلی (سمت حوضچه بندر) موج شکن پایین دست رخ دهد. به عکس، همانگونه که در شکل (۷-۲۳-ب) نشان داده شده، اگر اجرای موج شکن پایین دست با تاخیر روبرو شود، ممکن است سبب رسوب گذاری در بندر و فرسایش در ساحل پایین دست شود. بنابراین، باید توجه زیادی به سرعت اجرای هر دو موج شکن بالادست و پایین دست، و نیز حفظ تعادل مناسب بین میزان اجرای موج شکن ها شود.



(ب) حالت اجرای کند موج شکن پایین دست

(الف) حالت اجرای سریع موج شکن پایین دست

شکل ۷-۲۳- زمان اجرای موج شکن پایین دست

۳) طول موج شکن و عمق آب در انتهای آن

از آنجا که انتقال رسوبات موازی ساحل عمدتاً در ناحیه شکست موج رخ می دهد، موج شکن ها را باید به سمت فراساحل و بیرون از ناحیه شکست موج امتداد داد. در لنگرگاه های کوچک که عمق آب در انتهای موج شکن حین طوفان در محدوده ناحیه شکست موج باقی می ماند، به سختی می توان از ورود رانه ساحلی به درون بندر به طور کامل پیشگیری نمود. در برخی بنادر بزرگ، رویه معمول آن است که عمق آب در انتهای بالادست موج شکن تقریباً برابر با حداکثر عمق کانال ناوبری در نظر گرفته می شود، که گاهی از ۲۰ متر هم فراتر می رود.

۵-۲-۲- جزئیات دستک

یک دستک باید دارای ارتفاع پوشش تاج کافی باشد تا نسبت به کارکرد کنترل رسوب آن از دیدگاه ورود رسوبات معلق به درون حوضچه لنگرگاه از راه روگذری موج، اطمینان حاصل شود. همچنین دستک باید هنگام وارد آمدن نیروهای خارجی و بارهای وارده بر آن، پایداری سازه ای خود را حفظ کند.

نکات فنی

۱) اشکال سازه‌ای دستک

در حالت کلی، از آنجا که یکی از کارکردهای ضروری دستک، توقف کامل انتقال رسوبات می‌باشد، باید دارای سازه‌ای ناتراوا باشد. اگر دستک با استفاده از توده سنگی یا بلوک بتنی ساخته شود، باید هسته آن با شن یا سنگ کوچک دارای حداکثر وزن ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم پر شود. همچنین مواردی وجود دارد که سمت داخل حوضچه توسط مصالح ناتراوا همچون ماسه با بتونه قیری پوشانده می‌شود. در موارد زیر، بهتر است که از ساختار نوع جاذب موج استفاده شود:

الف) هنگامی که آب شستگی ناشی از جریان از اهمیت زیادی برخوردار باشد.

ب) هنگامی که احتمال کم عمقی ناشی از امواج بازتابی یا ایجاد مانع برای تردد شناور وجود داشته باشد.

۲) ارتفاع پوشش تاج دستک

اگر چه بهتر است به منظور جلوگیری از ورود جریان رسوبات معلق، دستک‌ها اجازه روگذری امواج را ندهند، مواردی نیز وجود دارد که به دلیل محدودیت سازه‌ای یا هزینه اجرایی، اجازه روگذری داده می‌شود. ارتفاع دیواره تاج را باید با در نظر گرفتن موارد زیر تعیین کرد:

الف) قسمت پیرامون خط ساحلی

نباید اجازه داد بالاروی موج از روی تاج دستک بگذرد. از آنجا که ممکن است ماسه منتقل شده توسط بالا روی موج در صورت کوتاه بودن پوشش تاج از روی آن عبور کنند، بخش متصل شده به ساحل باید دارای پوشش تاجی با ارتفاع کافی باشد. بهتر است پس از اجرای دستک و بررسی کارکرد آن، در صورت نیاز ارتفاع پوشش تاج افزایش داده شده و دستک به سمت خشکی امتداد داده شود.

ب) قسمتی که بین خط ساحلی و خط شکست موج قرار دارد.

در این حالت بهتر است ارتفاع پوشش تاج به اندازه $0.6H_{1/3}$ بالاتر از تراز میانگین مد ماهیانه در نظر گرفته شود، که در آن $H_{1/3}$ ارتفاع موج مشخصه پیرامون انتهای دستک می‌باشد.

پ) قسمتی که بیرون از خط شکست موج قرار گرفته است.

در این حالت بهتر است ارتفاع نهایی پوشش تاج با افزودن مقداری ارتفاع آزاد به تراز میانگین مد ماهیانه در نظر گرفته شود. در ناحیه عمیق‌تر از ناحیه شکست موج، رسوبات معلق در نزدیکی بستر دریا متمرکز شده و جریان آب روگذری تقریباً دارای هیچگونه بار رسوبی نمی‌باشد، و به همین دلیل می‌توان اجازه داد که روگذری رخ دهد.

۵-۳- گروه آب‌شکن

نکات فنی

طول، فاصله، و ساختار گروه آب‌شکن که به منظور جلوگیری از کم عمقی در پایین دست لنگرگاه اجرا می‌شود را باید با استفاده از تجربیات گذشته یا مراجعه به راهنماهای معتبر موجود به دست آورد.

۵-۴- دستک هدایت کننده

۵-۴-۱- جانمایی دستک هدایت کننده

برای آنکه دستک هدایت کننده کارکرد مورد انتظار را برآورده کند، باید به طور مناسب و با در نظر گرفتن مشخصه‌های انتقال رسوبات موازی ساحل در محل و نیروهای کشتی رودخانه در طول دوره‌های پر آبی و خشکسالی، جانمایی شود.

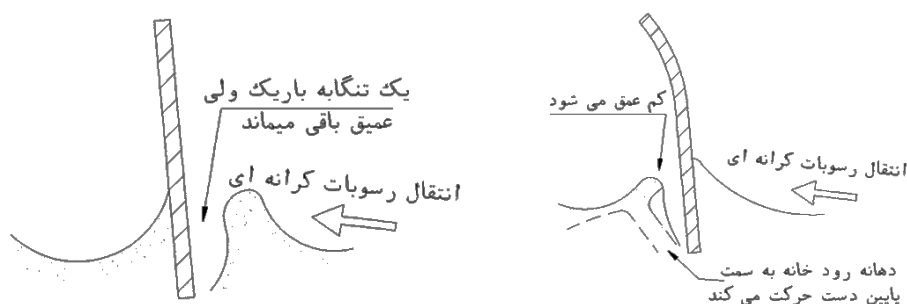
نکات فنی

(۱) کارکردهای چند گانه دستک هدایت کننده دهانه رودخانه

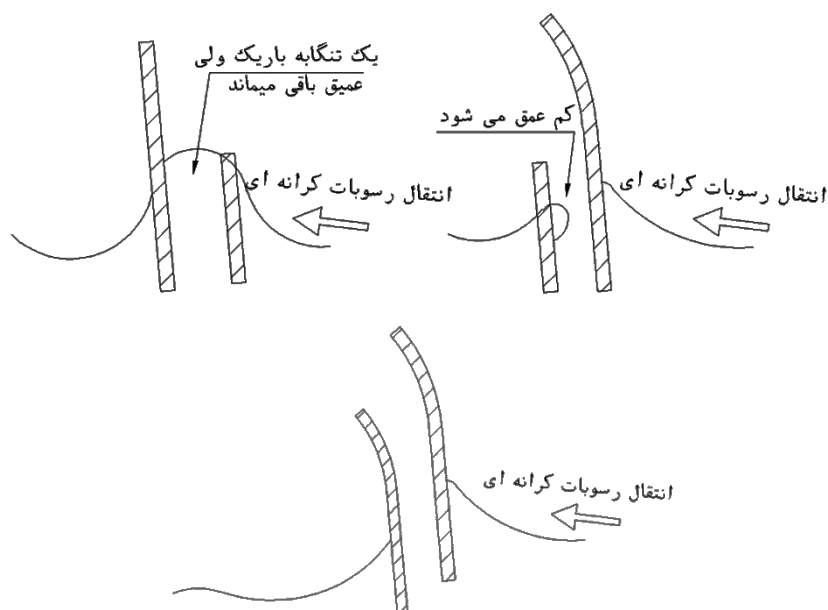
دستک هدایت کننده دهانه رودخانه باید مشابه آب شکن دارای کارکرد جلوگیری از انتقال رسوبات موازی ساحل باشد. علاوه بر کارکرد مذکور، این دستک هدایت کننده باید مسیر آبی رودخانه را با هدایت جریان رودخانه، پایدار ساخته و با افزایش نیروی کشتی جریان رودخانه، عمق آب را در تراز مناسب نگه دارد، و همزمان توانایی تخلیه جریان در دوره‌های پر آبی را دارا بوده و سبب به تاخیر افتادن رهاسازی آن به دریا نشود.

(۲) جانمایی دستک هدایت کننده

نمونه‌هایی از جانمایی دستک هدایت کننده نسبت به راستای انتقال رسوبات موازی ساحل در شکل (۷-۲۴) نشان داده شده است. مناسب‌ترین حالت برای حفظ عمق آب در دهانه رودخانه، امتداد دادن دو دستک هدایت کننده به موازات یکدیگر است، زیرا یک دستک هدایت کننده به تنهایی موثر نخواهد بود. در حالتی که قرار است دو دستک هدایت کننده با طول‌های مختلف ایجاد شود، بهتر است که دستک هدایت کننده پایین دست طولانی‌تر باشد. همچنین خم کردن دستک هدایت کننده بالادست به سمت پایین دست، سبب جلوگیری از ورود رسوبات به دهانه مسیر آبی شده و امکان عبور روان رسوبات انتقال یافته کرانه‌ای به سمت پایین دست را فراهم می‌کند. برای مشاهده نمونه‌های عملی بهسازی دهانه رودخانه به مراجع مراجعه شود.



شکل ۷-۲۴- انواع گوناگون جانمایی دستک هدایت کننده



شکل ۷-۲۴-ادامه- انواع گوناگون جانمایی دستک هدایت کننده

۵-۴-۲- عمق آب در انتهای دستک هدایت کننده

(۱) عمق آب در انتهای دستک هدایت کننده باید مساوی با عمق آب کانال نوابری در نزدیکی دستک هدایت کننده و یا بیشتر از آن باشد.

(۲) انتهای دستک باید در ناحیه فراساحلی خط شکست موج قرار داشته باشد.

۵-۴-۳- ساختار دستک هدایت کننده

در حالت کلی، دستک هدایت کننده باید دارای سازه‌ای ناتراوا بوده و به گونه‌ای ساخته شود که پایداری سازه‌ای آن با در نظر گرفتن مواردی همچون اثر آب‌شستگی ناشی از موج و جریان رودخانه‌ای وارده، حفظ شود.

تفسیر

از آنجا که دستک هدایت کننده طولانی‌تر از آب‌شکن بوده و در معرض اثر موج شدید قرار دارد، ضروری است آب‌شستگی انتها و کناره‌های دستک مد نظر قرار گیرد.

علاوه بر این، این مورد نیز باید در نظر گرفته شود که کناره داخلی (سمت رودخانه) دستک در معرض آب‌شستگی ناشی از جریان رودخانه خواهد بود.

۵-۵- تاسیسات تله اندازی انتقال رسوب ساحلی و آورد رسوب رودخانه

نکات فنی

هنگام پیشگیری از کم عمقی ناشی از رانه ساحلی از طریق لایروبی، باید تاسیسات مناسبی برای تله اندازی رسوب در مکان مناسبی ساخته شود که از ورود و ته نشینی رسوبات در کانال یا حوضچه جلوگیری به عمل آورد. این تاسیسات همچنین باید قادر به کاهش اثر موج در پیرامون خود بوده و کارایی لایروبی را افزایش دهد. نوع و جانمایی این تاسیسات تله اندازی رسوب را باید با در نظر گرفتن توانایی آن در تله اندازی رسوب، شرایط لایروبی و هزینه های اجرایی و بهره برداری که با پژوهش و بررسی کافی به دست آمده است، تعیین کرد.

۱) تاسیسات تله اندازی رسوب

یکی از روش های رایج تله اندازی رسوب، تدارک ناحیه ای با آب آرام برای فرونشست و ته نشینی رسوبات از طریق اجرای یک موج شکن جدا از ساحل یا کاهش جزئی ارتفاع دیواره تاج موج شکن بالادست می باشد. همچنین راهکارهای دیگری برای تله اندازی رسوب شامل لایروبی جامی وجود دارد که یکی از موارد کاربرد آن در کانال ناوبری گذرنده از میان یک پشته ماسه ای بزرگ واقع بر بستر دریا در یک تنگه است که پس از لایروبی به تدریج طی فرآیند طبیعی دوباره بازیابی می شود. لایروبی جامی در بستر رودخانه نیز مورد استفاده قرار می گیرد که در آن کم عمقی به واسطه آورد رسوبی رودخانه رخ داده است.

۲) محل دقیق تاسیسات تله اندازی رسوب

دو روش برای جانمایی تاسیسات وجود دارد. روش نخست، قرار دادن آن در ناحیه ای می باشد که در آن رسوب گذاری تحت شرایط طبیعی به راحتی رخ می دهد، مطابق مواردی که در شکل (۷-۲۵-الف) تا شکل (۷-۲۵-ج) مشاهده می شود. روش دیگر ایجاد وضعیتی مصنوعی است که به نشست رسوبات در ناحیه دارای انتقال رسوب شدید منجر می شود، مطابق مواردی که در شکل (۷-۲۵-د) تا شکل (۷-۲۵-و) نشان داده شده است. برای شناسایی جانمایی ویژه تله اندازی رسوب که بیشترین کارایی را داشته باشد، ضرورت دارد درک صحیحی از شرایط و مکانیزم انتقال رسوب وجود داشته باشد. علاوه بر کارایی تله اندازی رسوب، عامل انتخاب مکان تاسیسات از اهمیت ویژه ای برخوردار است، به گونه ای که در مکان مورد نظر باید شرایط برای انجام عملیات لایروبی رسوبات انباشته شده مناسب باشد. برای نمونه باید عمق کافی برای تردد لایروب موجود باشد و ناحیه لایروبی باید به قدر کافی آرام باشد تا کارهای لایروبی به آسانی انجام شود.

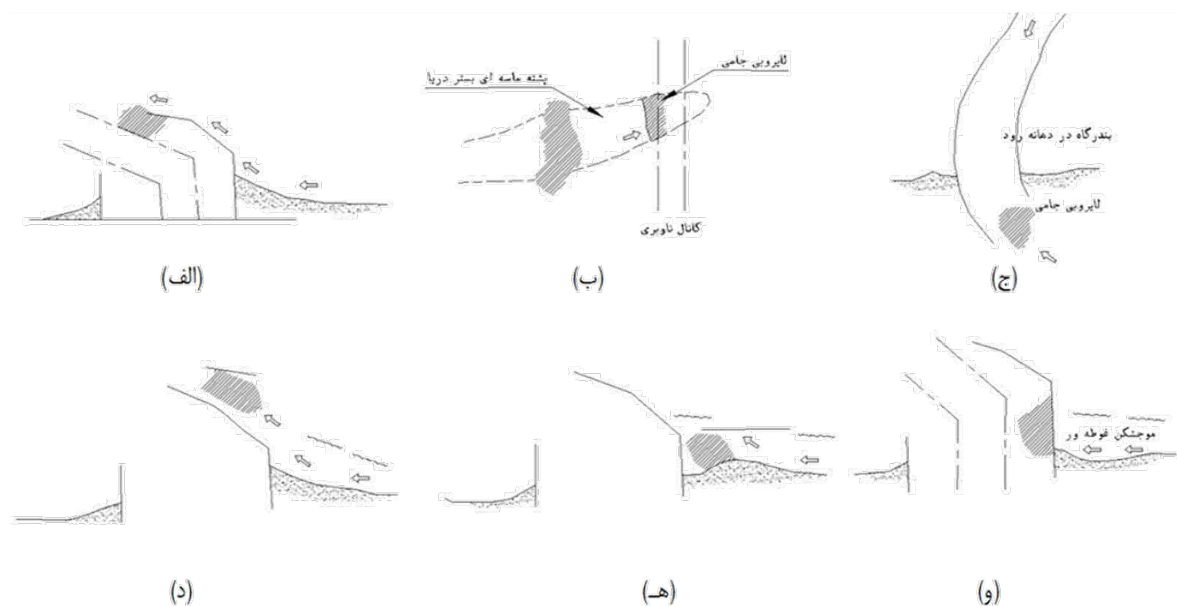
۵-۶- اقدامات پیشگیرانه در برابر ماسه بادرفتی

۵-۶-۱- کلیات

در مواردی که ماسه بادرفتی موجب ایجاد مشکل در زمینه کم عمقی لنگرگاه و کانال ناوبری می شود و یا هنگامی که لازم است از ناحیه ای در برابر ماسه بادرفتی محافظت شود، می توان در صورت ضرورت از اقدامات پیشگیرانه در برابر ماسه بادرفتی استفاده کرد.

تفسیر

ماسه بادرفتی به ماسه‌ای گفته می‌شود که توسط باد انتقال یافته و وارد لنگرگاه و کانال ناوبری می‌شود و پس از ته‌نشینی و رسوب‌گذاری سبب کم عمقی در ناحیه مورد نظر می‌شود. در برخی موارد، ماسه بادرفتی روی سطح جاده جمع و به سمت نواحی مسکونی پراکنده شده که سبب مختل شدن زندگی روزمره مردم می‌گردد. موارد بسیاری وجود دارد که حفر روباز تپه‌های ماسه‌ای یا استحصال زمین سبب ایجاد مشکل در زمینه ماسه بادرفتی می‌شود که باید اقدامات پیشگیرانه مناسبی را در این باره در نظر گرفت.



شکل ۷-۲۵- موقعیت‌های گوناگون تاسیسات تله‌اندازی رسوب

۵-۶-۲- انتخاب اقدامات پیشگیرانه

انتخاب مناسب اقدامات پیشگیرانه در برابر ماسه بادرفتی باید با داشتن درک جامعی از مشخصه‌های هر راهکار و با در نظر گرفتن شرایط کنونی و پیش‌بینی شرایط آتی ماسه بادرفتی، صورت گیرد.

نکات فنی

معمولاً روش‌های پیشگیرانه زیر در برابر ماسه بادرفتی به کار می‌روند:

۱) حصارهای ماسه و بادشکن

یکی از روش‌های متداول که به عنوان یک روش حفاظت ماسه به کار می‌رود شامل نصب حصارهای ماسه به ارتفاع تقریبی ۱ متر در ردیف‌های چندگانه برای تله‌اندازی ماسه بادرفتی می‌باشد که انتظار می‌رود سبب ایجاد یک تپه ساحلی مصنوعی شود. در سال‌های اخیر، موارد متعددی مشاهده شده است که از بادشکن مرتفع برای حفاظت نواحی انبار مصالح ریزدانه یا در نزدیکی نواحی استحصال شده استفاده می‌شود.

(۲) حصارهای کوتاه چندگانه

در این روش برای کاهش حرکت ماسه های سطحی، حصارهای کوتاه چندگانه نصب می شود که سبب افزایش زبری سطح زمین و کاهش نیروی برشی باد می گردد.

(۳) کارهای پوششی

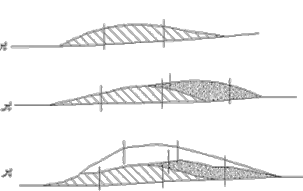
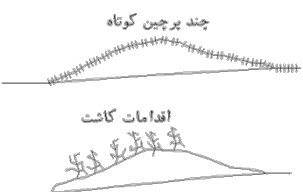
در این روش سطح ماسه ای توسط مصالح مصنوعی پوشانده شده و در نتیجه جابجایی ماسه را محدود می سازد.

(۴) کارهای پوشش گیاهی

در این روش سطح ماسه ای با کاشت گیاه پوشانده می شود. این روش به عنوان یکی از کارهای پوششی در نظر گرفته می شود.

(۵) جنگل کاری

در این روش در پایین دست مکان انباشت ماسه بادرفتی درخت کاری شده که از انتقال ماسه بادرفتی پیشگیری می کند. اقدامات پیشگیرانه در برابر ماسه بادرفتی که به عنوان کنترل فرسایش ساحلی بکار می روند و هدف آنها پایداری شکل سواحل ماسه ای می باشد را باید به صورت ترکیبی از روش های گوناگون به کار گرفت. این مراحل و روش ها به طور کلی در شکل (۷-۲۶) نشان داده شده است.

مرحله اول: ایجاد یک تپه ماسه ای مصنوعی	 پرچین رسوب گذاری ، مرحله اول پرچین رسوب گذاری ، مرحله دوم پرچین رسوب گذاری ، مرحله سوم
مرحله دوم: پوشیده شدن سطح تپه ماسه ای	 چند پرچین کوتاه اقدامات موقت پوششی نشان دادن گیاهان پوشش درختی اقدامات کاشت
مرحله سوم: جنگل کاری	 (درختان و بونه ها)

شکل ۷-۲۶- گام های مختلف عملیات ایجاد تپه ساحلی مصنوعی

فصل ٦

پوشش سنگچین

۶-۱- اصول طراحی

هنگام طراحی پوشش سنگچین باید موارد زیر بازرسی شود:

- ۱) ارتفاع دیواره تاج کافی که قادر به حفاظت زمین اصلاح شده در برابر موج و برکشند (خیزاب) طوفان بوده و همزمان کاربری زمین مورد نظر را با مشکل روبرو نسازد.
- ۲) سازه‌ای که در برابر نیروهای خارجی همچون نیروهای موج و فشار خاک مقاومت کند.
- ۳) سازه‌ای که از نشت از میان محل خاک‌ریزی شده پیشگیری کند.
- ۴) اثرات بر نواحی آب پیرامونی، شامل پیشگیری از جریان یافتن آب لجنی حین کارهای استحصال زمین در نظر گرفته شود.
- ۵) در مورد دیواره ساحلی با رویکرد زیبایی شناختی، سازه‌ای ایمن و راحت برای کاربران ایجاد شود.

نکات فنی

- در نواحی پارک و فضای سبز، بهتر است پوشش سنگچین به گونه‌ای طراحی شود که جنبه زیبایی محیط دریا در نظر گرفته شود.
- ۱) مقاطع دیواره ساحلی باید به گونه‌ای با رویکرد زیبایی شناختی طراحی شود که از افتادن کاربران به درون دریا پیشگیری کند. علاوه بر این، باید تاسیسات جانبی همچون نرده محافظ که از افتادن کاربران پیشگیری کند، به گونه مناسب نصب شود.
 - ۲) در مورد تاسیساتی که در معرض امواج مرتفع بوده و انتظار روگذری موج از آن و پاشیده شدن به مکان قدم‌زنی کاربران ساحلی می‌رود، باید اقدامات مناسبی همچون نصب علامت هشدار برای آگاه‌سازی کاربران از خطر انجام شود.
 - ۳) عرض و شیب پیاده‌رو در طول پوشش سنگچین باید به گونه‌ای طراحی شود که رفت و آمد ایمنی را برای سالمندان و یا معلولان دارای صندلی چرخدار فراهم کند.

۶-۲- شرایط طراحی

معمولا شرایط طراحی زیر در نظر گرفته می‌شود:

- ۱) موج، تراز جزر و مدی، جریان جزر و مدی، عمق آب
- ۲) شرایط خاک زیرین
- ۳) زلزله و نیروی لرزه‌ای
- ۴) فشار دینامیکی آب حین زلزله
- ۵) ویژگی‌های خاک مورد استفاده برای خاک‌ریزی
- ۶) شرایط کاربرد خاک استحصال شده و پوشش‌های سنگچین

- (۷) میزان روگذری مجاز موج
- (۸) شرایط نواحی آب پیرامونی
- (۹) روش اجرا (به ویژه روش خاتمه)
- (۱۰) روش استحصال زمین

نکات فنی

(۱) هنگام تعیین ارتفاع دیواره تاج و سازه پوشش سنگچین، نرخ روگذری مجاز، عاملی بحرانی می‌باشد که آن را باید با در نظر گرفتن شرایط پشت پوشش سنگچین به گونه مناسب تعیین کرد. برای کسب اطلاعات بیشتر به بخش ۲، بند ۴-۶-۲- روگذری موج مراجعه شود.

(۲) در مورد شرایط خاک خاک‌ریزی به بخش ۲، فصل ۱۱- خاک بستر مراجعه شود.

(۳) در مورد زلزله و نیروی لرزه‌ای به بخش ۲، فصل ۱۲- زلزله و نیروهای لرزه‌ای مراجعه شود.

(۴) در مورد فشار دینامیکی آب حین یک زلزله به بخش ۲، فصل ۱۴- فشار زمین و فشار آب مراجعه شود.

(۵) در حالتی که یک ناحیه آبی وسیع با پوشش سنگچین محصور شده باشد، اندازه بازشدگی با پیشروی اجرای پوشش سنگچین کوچکتر شده و جریان بسیار سریعی در نقاط بسته شدن ایجاد می‌شود که ناشی از اختلاف تراز آب بین درون و بیرون پوشش سنگچین می‌باشد. بنابراین، باید توجه ویژه‌ای به سازه پوشش سنگچین در نقطه بسته شدن کرد که دارای پایداری کافی در برابر سرعت جریان محاسبه شده باشد.

(۶) مشابه تراز آب داخل ناحیه محصور استحصال شده، دو نوع تراز آب باید در نظر گرفته شود که عبارتند از تراز آب داخل ناحیه استحصال شده و تراز آب باقیمانده پس از خاک‌ریزی. کاربرد تراز آب داخل ناحیه استحصال شده در محاسبه جریان تراوش یا در طراحی یک تصفیه‌خانه پساب می‌باشد. تراز آب باقیمانده به تراز آبی گفته می‌شود که بلافاصله پشت پوشش سنگچین قرار داشته و برای محاسبه پایداری پوشش سنگچین به کار می‌رود. اما هنگامی که تراز آب باقیمانده برای محاسبه گسیختگی لغزش دایروی به کار رود، در صورتی که تراز آب نزدیک پوشش سنگچین بیشتر از تراز آب باقیمانده باشد، ممکن است محاسبات به تخمین دست‌پایین خطر گسیختگی لغزش دایروی بیانجامد. در چنین مواردی، باید پایداری پوشش سنگچین را با استفاده از تراز آب درون ناحیه استحصال شده به دست آورد.

الف) تراز آب درون ناحیه استحصال شده

تراز آب درون ناحیه استحصال شده را باید با در نظر گرفتن پایداری پوشش سنگچین، در دو مقطع زمانی حین اجرا و پس از اتمام پروژه و تاثیر آن بر آب پیرامونی، تعیین کرد.

ب) تراز آب باقیمانده

(۱) برای پوشش سنگچین با کاربری استحصال زمین، اغلب از سازه‌های با تراوایی کم استفاده می‌شود تا از ایجاد آلودگی در اثر تراوش از میان پوشش سنگچین پیشگیری شود. به همین علت، عموماً تراز آب باقیمانده پشت سنگچین بالاتر از تراز آب پشت اسکله دیواره‌ای یا پوشش سنگچین معمولی در نظر گرفته می‌شود.

(۲) بر اساس نمونه‌های پیشین طراحی پوشش سنگچین استحصال نوع وزنی، تعداد مواردی که در آنها کاهش تراوایی با افزایش ضخامت مصالح پوشش فراهم می‌شود، بیشتر از مواردی است که سازه پوشش سنگچین از ماده‌ای با تراوایی کم ساخته شده باشد. به همین علت، در پوشش سنگچین نوع نخست، می‌توان تراز آب باقیمانده مورد استفاده در طراحی را معادل تراز آب پشت پوشش سنگچین نوع وزنی در نظر گرفت، زیرا رفتار تراز آب بلافاصله پشت این سازه پوشش سنگچین استحصال مشابه پوشش سنگچین نوع وزنی می‌باشد.

(۳) برای پوشش سنگچین استحصال با استفاده از دیوار سپری، نمونه‌هایی وجود دارد که در آنها برای افزایش آب‌بندی، مصالح دوغاب به‌درون درز دیوار سپری ریخته شده یا از یک سازه دیوار سپری مضاعف استفاده شده است. در چنین مواردی، تراز آب باقیمانده مورد استفاده در طراحی را باید با در نظر گرفتن تراوایی پوشش سنگچین و همچنین راهکارهای اجرایی، به طور دقیق تعیین نمود.

(۷) در مواردی که پوشش سنگچین استحصال در مجاورت یک ناحیه زمین موجود ساخته می‌شود، اجرای پوشش سنگچین ممکن است سبب بالا آمدن تراز آب زیرزمینی یا از بین رفتن کیفیت آب زیرزمینی شود. هنگام مطالعه برنامه جانمایی استحصال زمین و سازه پوشش سنگچین باید به این جنبه‌ها توجه کافی شود و بهتر است شرایط آب زیرزمینی در ناحیه زمین مورد نظر را از پیش مورد بررسی قرار گیرد. علاوه بر این، در مواردی که احتمال از بین رفتن کیفیت آب زیرزمینی در اثر اجرای پوشش استحصال وجود دارد، باید اقدامات پیشگیرانه‌ای همچون اجرای یک دیواره آب‌بند برای جداکردن آب زیرزمینی زمین مورد نظر از ناحیه استحصال شده به عمل آید.

(۸) برای برآورد نرخ تراوش جریان از میان پوشش سنگچین استحصال به درون دریا باید تحلیل تراوش صورت گیرد و در تحلیل تراوش باید از قانون دارسی استفاده شود.

الف) تراوایی سازه دیوار سپری فولادی

تراوایی سازه دیوار سپری فولادی را نمی‌توان از قانون دارسی به دست آورد. با این حال، می‌توان این قانون را با تعیین یک عرض معادل مناسب و ضریب تراوایی معادل برای عرض مورد نظر، مورد استفاده قرار داد. علاوه بر این، از آنجا که نمی‌توان از بازسازی دقیق شرایط درزهای سازه اصلی توسط آزمون آزمایشگاهی با مقیاس مناسب اطمینان حاصل کرد، استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده در محل برتری دارد.

(۱) در مورد تراوایی سازه نوع دیوار سپری فولادی می‌توان از نتایج تحلیل‌های مربوط به اندازه‌گیری‌های در محل تراز آب باقیمانده چند پروژه که به شکل زیر می‌باشد استفاده نمود. در این تحلیل فرض شده است که دیواره سپری زیر بستر دریا ناتراوا بوده و بخشی از دیواره که بالای بستر دریا قرار دارد معادل لایه تراوایی به ضخامت ۱ متر، که قانون دارسی برای آن قابل کاربرد است، می‌باشد. نتایج به دست آمده برای ضریب تراوایی (ضریب معادل تراوایی) در محدوده 3×10^{-5} تا 1×10^{-5} بوده و نتایج تحلیل‌های مشابهی که برای دو نمونه دیواره اسکله نوع شمع لوله فولادی (با قطر تقریبی ۸۰ سانتی‌متر) به کار رفته، مقدار 6×10^{-5} cm/s را حاصل کرده است. لازم به ذکر است که ضریب تراوایی مصالح پشت‌ریز که در برداشت‌های پیشین به دست آمده بود، در محدوده 10^{-3} تا 10^{-2} قرار داشت.

(۲) تراوایی درز دیوار سپری دارای مشخصه‌های زیر می‌باشد:

در مواردی که از مصالح پشت‌ریز استفاده نمی‌شود، درز دیوار سپری دارای ماهیتی مشابه یک روزنه باریک با کاهش مقطع ناگهانی می‌باشد، و می‌توان آن را با رابطه (۶-۱) با ثابت $n=0.5$ بیان کرد:

$$q = K \cdot h^n \quad (۶-۱)$$

که در آن:

q : نرخ جریان در واحد طول درز ($\text{cm}^3/\text{s}/\text{cm}$)

h : تفاوت تراز آب بین جلو و عقب دیوار سپری (سانتی‌متر)

K و n : ثابت

در مواردی که از مصالح پشت‌ریز استفاده می‌شود، ویژگی‌های مصالح پشت‌ریز تاثیر چشمگیری بر میزان تراوش از میان درز دارد. در مجاورت مصالح پشت‌ریز زیر درز دیوار سپری، نقاطی وجود دارد که نمی‌توان در آنها از قانون داریسی استفاده کرد و تلاش شده تا تراوایی را به عنوان یک درز مرکب برآورد نمود که متشکل از ضخامت ویژه‌ای برای پشت‌ریز و درز دیوار سپری باشد. این طرز فکر برای تحلیل تراوش کارایی دارد. پس از انجام آزمایش‌هایی با لحاظ تاثیر اختلاف در درجه نیروی کششی درز و همچنین شرایط با یا بدون خاک‌ریزی توسط ماسه، Shoji و همکاران به ارائه یک رابطه تجربی پرداختند و نتایج آزمون نشان داده که در حالتی که پشت‌ریزی وجود داشته باشد و درزها توسط ماسه پر شده باشد، می‌توان برای ثابت n مقدار تقریبی $1/0$ را در نظر گرفت و بدین ترتیب مقدار K که بیانگر نتیجه آزمایش بود به دست آمد.

(۳) در مواردی که از یک روش آب‌بندی در درز دیوار سپری استفاده شده باشد، میزان کاهش تراوایی بسته به نوع ماده آب‌بندی و روش کاربرد آن متفاوت خواهد بود و باید بر اساس نتایج آزمایش‌های مورد اطمینانی که شرایط اجرایی میدانی را در نظر گرفته باشد، در مورد آن داوری نمود. برخی نمونه‌های آزمایش میدانی نشان داده که نرخ تراوش تا میزان 20% تا 40% در مقایسه با حالتی که ماده آب‌بند وجود نداشته، کاهش یافته است.

ب) تراوایی زمین شالوده

(۱) تراوایی در زمین طبیعی

در مورد تراوایی زمین طبیعی، ضریب تراوایی لایه خاکی که در بردارنده زمین طبیعی باشد را باید با مراجعه به بخش ۲، بند ۱۱-۲-۳- ضریب نفوذپذیری خاک محاسبه نمود.

(۲) تراوایی مقطع بهسازی شده خاک

در مواردی که اجرای یک پوشش سنگچین استحصال با اصلاح خاک همراه باشد، ضرورت دارد تا علاوه بر ارزیابی تراوایی زمین، تغییر ایجاد شده در تراوایی در اثر اصلاح خاک نیز بررسی شود.

(۳) در صورتی که شالوده از سنگ ساخته شده باشد، ملاحظات و بررسی‌های دقیقی از تراوایی موردنیاز است، زیرا ممکن است شالوده سنگی دارای ترک و گسل‌هایی باشد که بر نرخ تراوش تاثیرگذار است.

۳-۶- پایداری سازه‌ای

محاسبه پایداری پوشش سنگچین باید مطابق بخش ۸، فصل ۴- اسکله دیواری وزنی و دیگر مطالب مربوط به پایداری سازه‌های پوشش سنگچین انجام شود.

۴-۶- تعیین مقطع عرضی

پوشش سنگچین باید دارای ارتفاع دیواره تاج مناسبی باشند که تاثیر عواملی همچون نرخ روگذری و ترازهای جزر و مدی حین برکشند طوفان در آن بررسی شده باشد به گونه‌ای که ناحیه ساحلی پشت پوشش سنگچین کاملاً ایمن بوده و کاربری پوشش سنگچین و زمین پشت آن با مشکل روبرو نشود.

تفسیر

ارتفاع دیواره تاج پوشش سنگچین باید به اندازه‌ای باشد که علاوه بر داشتن ارتفاع آزاد در برابر موج طرح در تراز کشند طوفان طرح، با در نظر داشتن نرخ روگذری مجاز تعیین شده باشد (به بخش ۲، بند ۴-۶-۲- روگذری موج مراجعه شود).

نکات فنی

در مواردی که برای استحصال زمین از لایروب پمپی استفاده می‌شود، رسوب نرم معلق پشت پوشش سنگچین انباشته می‌شود و در برخی مواقع فشار خاکی بیشتر از فشار مورد انتظار به پوشش سنگچین وارد شده و یا فشار هیدرواستاتیکی پشت پوشش سنگچین ممکن است تا تراز تاج نیز برسد. این موارد باید هنگام محاسبه پایداری مورد توجه قرار گیرد.

۵-۶- جزئیات

(۱) بسته به شرایط موج، باید عملیات پیشگیری از آب‌شستگی و عملیات پوشش‌رو و یا پشت پوشش سنگچین انجام شود.

(۲) با توجه به ماهیت مصالح استحصال شده، سازه پوشش سنگچین و تراز آب باقیمانده و غیره، باید راهکار حفاظتی مناسبی در برابر تراوش به کار گرفته شود.

(۳) در صورت ضرورت باید تاسیسات خدماتی همچون پلکان، توسعه داده شود.

مراجع

- [1] Yoshiyuki ITO: "History of discussions on breakwater design", Tech. Note of PHRI, No. 69, 1969, 78p. (in Japanese).
- [2] Michio MORIHIRA, Shusaku KAKIZAKI, Toru KIKUYA: "Experimental study on wave force damping effects due to deformed artificial blocks", Rept of PHRI, Vol. 6, No. 4, 1967, pp. 1-31 (in Japanese).
- [3] Tomotsuka TAKAYAMA, Yasumasa SUZUKI, Hiroyasu KAWAI, Hideyoshi FUJISAKU: "Approach to probabilistic design for a breakwater", Tech. Note of PHRI, No. 785, 1994, 36p. (in Japanese).
- [4] Takashi NAGAO, Noboru OKUBO, Susumu KAWASAKI, Yukio HAYASHI: "Safety factor of breakwater total system under the reliability design method (3rd report)_summary of the applicability of the levels 1 and 2 method .", Rept of PHRI, Vol. 37, No. 2, 1998, pp. 131-176 (in Japanese).
- [5] Hiroyasu KAWAI, Tomotsuka TAKAYAMA, Yasumasa SUZUKI, Tetsuya HIRAISHI: "Failure probability of breakwater caisson in consideration of tidal level variation", Rept of PHRI, Vol. 36, No. 4, 1997, pp. 3-41 (in Japanese).
- [6] Ken-ichiro SHIMOSAKO, Shigeo TAKAHASHI: "Reliability design method of composite breakwater using expected sliding distance", Rept of PHRI, Vol. 37, No. 3, 1998, pp. 3-30 (in Japanese).
- [7] Takashi TSUCHIDA, Tang YiXin: "The optimum safety factor for stability analyses of harbor structures by use of the circular arc slip method", Rept of PHRI, Vol. 35, No. 1, 1996, pp. 117-146 (in Japanese).
- [8] Katsutoshi TANIMOTO, Tadahiko YAGYU, Tsutomu MURANAGA, Kozo SHIBATA, Yoshimi GODA: "Stability of armor units for foundation mounds of composite breakwaters by irregular wave tests", Rept of PHRI, Vol. 21, No. 3, 1982, pp. 3-42 (in Japanese).
- [9] Katsutoshi TANIMOTO, Katsutoshi KIMURA, Keiji MIYAZAKI: "Study on stability of dike at the opening section of tsunami protection breakwaters", Rept of PHRI, Vol. 27, No. 4, 1988, pp. 93-121 (in Japanese).
- [10] Yoshiyuki ITO, Katsutoshi TANIMOTO, Tsutomu KIHARA: "Digital computation on the effect of breakwaters against long period waves (4th report)", Rept of PHRI, Vol. 7, No. 4, 1968, pp. 55-83 (in Japanese).
- [11] Katsutoshi TANIMOTO, Suketo HARANAKA, Shigeo TAKAHASHI, Kazuhiro KOMATSU, Masahoko TODOROKI, Mutsuo OSATO: "An experimental investigation of wave reflection, overtopping and wave forces for several types of breakwaters and sea walls", Tech. Note of PHRI, No. 246, 1976, 38p. (in Japanese).
- [12] Tadahiko YAGYU, Miyuki YUZA: "A compilation of the existing data of upright breakwater with wave dissipating capacity", Tech. Note of PHRI, No. 358, 1980, 314p. (in Japanese).
- [13] Yasushi HOSOKAWA, Eiichi MIYOSHI, Osamu KIKUCHI: "Experiments on hydraulic characteristics and aeration capacity of the slit caisson type seawall", Tech. Note of PHRI, No. 312, 1979, 23p. (in Japanese).
- [14] Jarlan, G. E.: "A perforated vertical wall breakwater", The Dock and Harbour Authority, Vol. 41 No. 488, 1961, pp. 394-398.
- [15] Katsutoshi TANIMOTO, Yasutoshi YOSHIMOTO: "Theoretical and experimental study of reflection coefficient for wave dissipating caisson with a permeable front wall", Rept of PHRI, Vol. 21, No. 3, 1982, pp. 43-77 (in Japanese).

- [16] Michio MORIHIRA, Shusaku KAKIZAKI, Yoshimi GODA: "Experimental investigation of a curtain-wall breakwater", Rept of PHRI, Vol. 3, No. 1, 1964, 27p. (in Japanese).
- [17] Yoshiyuki ITO, Shigeru CHIBA: "An approximate theory of floating breakwaters", Rept of PHRI, Vol. 11, No. 2, 1972, pp.43-77 (in Japanese).
- [18] Shigeru UEDA, Satoru SHIRAISHI, Kazuo KAI: "Calculation method of shear force and bending moment induced on pontoon type floating structures in random sea", Tech. Note of PHRI, No. 505, 1984, 27p. (in Japanese).
- [19] Hiroaki OZASA: "Field investigation of submarine sand banks and large sand waves", Rept of PHRI, Vol. 14, No. 2, 1975, pp. 3-46. (in Japanese).
- [20] Norio TANAKA: "Change in seabed and beach near by sand beach port", PHRI, Seminar Proceeding, 1974, pp. 1-46. (in Japanese).
- [21] Shoji SATO, Norio TANAKA, Katsuhiro SASAKI: "Change in seabed configuration during construction of Kashima Port (case study)", Rept of PHRI, Vol.13, No.4, 1974, pp. 3-78. (in Japanese).
- [22] Japan Soc. Civil Engrs.: "Civil Engineering Handbook", 1974, pp. 2268-2270 (in Japanese).
- [23] Taka-aki UDA, Akira TAKAHASHI, Hideaki MATSUDA: "Characteristic of land configuration or river mouth and investigation on prevention measures to deformation in Japan", PWRI Report, No.3281, 1994, 123p. (in Japanese).
- [24] Kazuo TANAKA, Yuki NAKAJIMA, Jiro ENDO, Eiji KANEUCHI: "Erosion Control of Shore", Erosion Control Series III-9, The Japan Society of Erosion Control Engineering, Ishibashi Books, 1985 (in Japanese).
- [25] Japan Soc. Civil Engrs.: "Civil Engineering Handbook", 1974, pp. 2718-2720 (in Japanese).
- [26] Japan Soc. Civil Engrs.: "Landscape Design of Port", Gihodo, December 1991 (in Japanese).
- [27] Coastal Development Institute of Technology: "Port Environment Improvement Facilities Manual", 1991 (in Japanese).
- [28] Institute for Transport Policy Studies: "Guideline for Facility Building for Elderly and Handicapped Peoples in Public Passenger Terminals", 1994 (in Japanese).
- [29] Mitsuaki FURUDOI, Takeshi KATAYAMA: "Investigation of residual water levels", Report of PHRI, No.115, 1971 (in Japanese).
- [30] Koichi KUBO, Mamoru MURAKAMI: "Experiment on watertightening of sheetpile walls", Soil and Foundation, Vol.11.No.2, 1963 (in Japanese).
- [31] Kazuya YAMAMURA, Tadahiko FUJIYAMA, Masao INUSOKU, Kenjiro NIBA: "Experiment on watertightening of sheetpile walls", Public Works Res. Inst. Report, Vol.123, No.3, 1964 (in Japanese).
- [32] Yoshihiro SHOJI, Seiji KOMEDA, Yukiharu TOMITA: "Experiment on permeability of sheetpile walls", Report of PHRI, Vol.21, No.4, 1982, pp.41-82 (in Japanese).
- [33] Nippon Steel Co.: "Report on Watertightening Test of Sheetpile Walls", 1969 (in Japanese).
- [34] "Rock Engineering for Civil Engineers", Gihodo, 1975, pp.238-254 (in Japanese).

واژه نامه

A

- Abnormal water levels..... ترازهای غیر عادی آب
- Abrasion resistance..... مقاومت سایشی
- Absorbing caissons..... صندوقه‌های جاذب
- Access bridge پل دسترسی
- Accidental load..... بار تصادفی
- Active earth pressure فشار خاک محرک
- Active load بار محرک
- Actual mooring lines طناب‌های مهاربندی
- Additional lane مسیر اضافی
- Adjusting tower ستون تنظیم
- Administration & operation facilities..... تجهیزات اداری و بهره‌برداری
- Ae (air entrained) concrete بتن حبابدار
- Afforestation works..... عملیات جنگلداری
- Air-cushion vehicle وسایل نقلیه روی بالشتک هوا
- Air-cushion vehicle landing facilities..... تجهیزات انتقال به خشکی مربوط به وسایل نقلیه روی بالشتک هوا
- Alarm systems دستگاه‌های اعلام خطر
- Alignment of breakwater امتداد موج‌شکن
- Alkali-aggregate reaction واکنش قلیایی - سنگدانه
- Allowable axial bearing capacity of piles..... ظرفیت باربری محوری مجاز شمع‌ها
- Allowable axial compressive stress..... تنش مجاز محوری در فشار
- Allowable bearing capacity ظرفیت باربری مجاز
- Allowable bending compressive stress..... تنش مجاز خمشی در فشار
- Allowable bond stress تنش مجاز پیوستگی
- Allowable displacement ductility factor..... ضریب تغییر مکان مجاز شکل‌پذیری
- Allowable displacement for the sheet pile crown تغییر مکان مجاز بالای سپر
- Allowable limit for expected sliding distance حد مجاز برای طول لغزش
- Allowable overtopping روگذری مجاز
- Allowable pulling resistance of piles مقاومت کششی مجاز شمع
- Allowable shear resistance force نیروی مقاومت برشی مجاز
- Allowable shearing stress..... تنش برشی مجاز
- Allowable stress method..... روش تنش مجاز
- Allowable stresses تنش مجاز
- Allowable tensile stress تنش کششی مجاز
- Allowable upward displacement تغییر مکان مجاز رو به بالا
- Aluminum..... آلومینیوم
- Aluminum alloy anodes..... الکترود مثبت از جنس آلیاژ آلومینیوم
- Aluminum, titanium آلومینیوم، تیتانیوم
- Amenity aspects جنبه‌های رفاهی
- Amenity-oriented seawall..... رویکرد رفاهی دیواره ساحلی
- Amplitude amplification factor .. ضریب بزرگمایی دامنه
- Anchor chain type mooring buoy بویه مهاری نوع لنگر زنجیری
- Anchorage work عملیات مهار
- Ancillary facilities تجهیزات فرعی
- Ancillary works عملیات فرعی و ثانویه
- Angle of friction between backfilling material & backface wall..... زاویه اصطکاک بین مصالح پشت‌ریز و بدنه پشتی دیوار
- Angle of friction of the wall..... زاویه اصطکاک دیوار
- Angle of internal friction..... زاویه اصطکاک داخلی
- Angle of repose زاویه شیب طبیعی
- Apparent cohesion..... چسبندگی ظاهری
- Apparent seismic coefficient..... ضریب زلزله ظاهری
- Approaching energy انرژی نزدیک شدن
- Approaching speeds سرعت نزدیک شدن
- Approximate lowest water level..... پایین‌ترین تراز آب تقریبی
- Apron..... بارانداز
- Arcs قوس
- Area of improvement..... محوطه بهسازی
- Armor layer لایه آرمور (حفاظ)
- Armor stones سنگ‌های آرمور (حفاظ)
- Artificial dune..... تپه ساحلی مصنوعی
- Asphalt concrete for pavement..... مخلوط بتن قیری برای روسازی
- Asphalt mats..... کرباس آسفالتی
- Asphalt pavement..... روسازی آسفالتی
- Asphalt stabilization..... تثبیت با قیر
- Assignment of traffic volume to various routes تخصیص حجم رفت و آمد به مسیرهای مختلف
- Astronomical tides..... کشند (یا جزر و مد) های نجومی
- Atmospheric pressure فشار هوا
- Availability of construction materials دسترسی به مصالح ساخت و ساز
- Average color rendering performance evaluation number..... عدد سنجش دوام رنگ

Average degree of consolidation... درجه تحکیم متوسط
 Axial bearing capacity of piles..... ظرفیت باربری محوری شمع‌ها
 Axial compressive stress..... تنش فشاری محوری
 Axial spring constant of pile head..... ثابت فنری محوری نوک شمع
 Axial tensile stress..... تنش کششی محوری

B

Backfill..... خاکریز
 Backfilling materials..... مصالح خاکریز
 Backfilling stones..... سنگ‌های خاکریز
 Backshore..... ساحل عقبی
 Bar type beach..... ساحل نوع پشته‌ای
 Barricades..... موانع
 Base course material..... مصالح درشتدانه اساس
 Basic cross section..... مقطع عرضی اولیه
 Basins..... حوضچه
 Bathymetry measurement..... عمق سنجی
 Bay characteristics..... خصوصیات خلیج کوچک
 Bay entrance correction factor..... ضریب اصلاحی دهانه خلیج کوچک
 Beach deformation..... تغییر شکل ساحل
 Beach erosion..... فرسایش ساحل
 Bead..... مهره
 Beam method..... روش تیر
 Bearing capacity..... ظرفیت باربری
 Bearing capacity coefficient..... ضریب ظرفیت باربری
 Bearing capacity factors..... ضرایب ظرفیت باربری
 Bearing piles..... شمع اتکایی
 Bearing stress..... تنش تکیه گاهی
 Bedload..... بار بستر
 Bedrock acceleration..... شتاب زلزله در سنگ بستر
 Bending compressive stress..... تنش فشاری خمشی
 Bending failure..... گسیختگی خمشی
 Bending tensile stress..... تنش کششی خمشی
 Berm..... سکوی افقی
 Berm width of the mound..... عرض سکوی افقی پشته
 Berth configuration factor..... ضریب وضعیت پهلوگیری
 Berthing energy..... انرژی پهلوگیری
 Berthing force..... نیروی پهلوگیری
 Berthing velocity..... سرعت پهلوگیری
 Berths..... پهلوگیرها

Bilge keels..... تیرهای طولی کناری شناور در حوضچه خشک
 Bitts..... قلاب مهاربند
 Bituminous materials..... مصالح قیری
 Blast furnace..... کوره ذوب آهن
 Blast furnace slag..... روباره کوره آهن‌گدازی
 Block coefficient..... ضریب ظرافت
 Block failure..... گسیختگی بلوک
 Block type improvement..... بهسازی به شکل بلوک
 Blown asphalt..... قیر دمیده
 Boat houses..... انبار نگهداری قایق
 Boat racks..... قفسه‌های قایق
 Boat yards..... محوطه نگهداری قایق
 Bollard..... مهاربند
 Bore type tsunami..... سونامی با شیب تند
 Bottom reaction..... عکس‌العمل کف
 Bottom slab..... دال کف
 Bottom slope..... شیب کف
 Bow and stern side..... جلو و عقب شناور
 Box shear test..... آزمایش برش ساده
 Breaker index..... شاخص شکست
 Breaker line..... خط شکست
 Breaker zone..... ناحیه شکست
 Breaking..... شکست
 Breaking point..... نقطه شکست
 Breaking strength..... مقاومت گسیختگی
 Breaking wave force..... نیروی شکست موج
 Breaking wave height..... ارتفاع موج حین شکست
 Breakwater..... موج‌شکن
 Breakwater alignment..... امتداد موج‌شکن
 Breakwater head..... پوزه موج‌شکن
 Breakwater trunk..... بدنه موج‌شکن
 Breakwaters with wide footing..... موج‌شکن با پایه عریض
 Buoyancy..... شناوری
 Buoys..... بویه‌ها

C

Caisson breakwaters..... موج‌شکن صندوقه‌ای
 Caisson type composite breakwater..... موج‌شکن مرکب نوع صندوقه‌ای
 Caisson type dolphins..... دلفین نوع صندوقه‌ای
 Caisson type quaywalls..... اسکله دیواری صندوقه‌ای
 Caisson type upright breakwater..... موج‌شکن قائم نوع صندوقه‌ای

- Calculation of deformation moment..... محاسبه لنگر ایجاد تغییر شکل
- Calculation of time-settlement relationship..... محاسبه رابطه نشست-زمان
- Calmness آرامش
- Cantilever sheet pile wall اسکله دیواری با سپر طره‌ای
- Canvas sheets صفحات کرباس
- Car parks توقف‌گاه اتومبیل
- Cargo handling جابجایی کالا
- Cargo handling equipment تجهیزات جابجایی کالا
- Cargo handling equipment load..... بار تجهیزات جابجایی کالا
- Cargo ship کشتی باری
- Cargo sorting area محوطه دسته‌بندی کالا
- Cast steel فولاد ریخته‌گری شده
- Cast-in-place concrete بتن درجا
- Cast-in-place concrete piles with outer casing ... شمع بتنی درجا با قالب خارجی
- Catenary line خط زنجیر
- Catenary mooring مهاربندی خمیده
- Catenary theory نظریه اتحنای زنجیر
- Cathodic protection method روش حفاظت کاتدی
- Ceiling slab..... دال سقف
- Celerity سرعت گروهی موج
- Cellular سلولی (توخالی)
- Cellular blocks بلوک سلولی
- Cellular concrete blocks بلوک بتنی سلولی
- Cellular-bulkhead دیوار سلولی
- Cellular-bulkhead type quaywalls اسکله دیواری سلولی
- Cement concrete pavement روسازی بتنی
- Cement-based hardeners..... سخت کننده های پایه سیمانی
- Cement-mixed soils..... خاک مخلوط شده با سیمان
- Center of buoyancy مرکز شناوری
- Center of gravity مرکز ثقل
- Characteristic embedded length ... طول مدفون مشخصه
- Characteristic values..... مقادیر مشخصه
- Chart datum level (cdl)..... تراز مبنای نقشه
- Circular arc analysis تحلیل روش کمان دایره
- Circular slip لغزش دایروی
- Circular slip failure شکست لغزشی دایروی
- Clayey ground زمین با خاک رسی
- Clearance limit محدوده مجاز
- Clinker ash خاکستر کلینکر
- Club houses ساختمان باشگاه
- Coal ash خاکستر زغال سنگ
- Coal storage yards محوطه نگهداری زغال سنگ
- Coarse sand سنگدانه درشت
- Coastal erosion control کنترل فرسایش ساحلی
- Coating materials مصالح روکش
- Coating method روش روکش کردن
- Coefficient of consolidation ضریب تحکیم
- Coefficient of earth pressure ضریب فشار خاک
- Coefficient of friction ضریب اصطکاک
- Coefficient of horizontal subgrade reaction ضریب عکس‌العمل افقی خاک
- Coefficient of lateral subgrade reaction ضریب عکس‌العمل جانبی خاک
- Coefficient of linear thermal elongation..... ضریب افزایش طول خطی حرارتی
- Coefficient of permeability ضریب نفوذپذیری
- Coefficient of secondary compression ضریب تراکم ثانویه
- Coefficient of stress distribution ضریب توزیع تنش
- Coefficient of volume compressibility ضریب تغییر حجم
- Cohesion of soil چسبندگی خاک
- Cohesive materials مصالح چسبنده
- Cohesive resistance مقاومت چسبندگی
- Collision force نیروی برخورد
- Collision load بار برخورد
- Compensation currents جریان‌های تنظیم کننده
- Composite (hybrid) type نوع ترکیبی (مرکب)
- Composite breakwater موج‌شکن مرکب
- Composite resin mats کرباس‌های رزینی مرکب
- Composite seismic angle زاویه لرزه‌ای مرکب
- Composite slabs..... دال‌های مرکب
- Compressibility properties مشخصات تراکم‌پذیری
- Compression frequency-dependent characteristics خصوصیات وابسته به فشردگی مکرر
- Compression index شاخص (نشانه) تراکم
- Compression strength مقاومت فشاری
- Concave corners گوشه‌های کاو (مقعر)
- Concentrated corrosion خوردگی متمرکز
- Concrete (reinforced concrete, prestressed concrete) بتن (بتن مسلح، بتن پیش‌تنیده)
- Concrete aggregate سنگدانه بتن
- Concrete block pavement کفپوش بلوک بتنی
- Concrete blocks بلوک‌های (قطعات) بتنی

Concrete crown تاج بتنی
 Concrete lid کلاهک بتنی
 Concrete pavement کفپوش بتنی
 Concrete wall anchorage دیواره بتنی مهاریه
 Confining pressure فشار همه جانبه
 Consolidation characteristics خصوصیات تحکیم
 Consolidation properties مشخصات تحکیم
 Consolidation rate سرعت تحکیم
 Consolidation settlement نشست تحکیمی
 Consolidation tests آزمایش تحکیم
 Consolidation yield stress تنش تسلیم تحکیم
 Constant of lateral resistance of ground ثابت مقاومت جانبی زمین
 Construction conditions شرایط ساخت
 Construction cost هزینه ساخت
 Construction joints درز اجرایی
 Construction method روش ساخت
 Construction period دوره ساخت
 Construction works عملیات ساخت
 Container cranes جرثقیل کانتینری
 Container freight station ایستگاه کرایه کانتینر
 Container ships کشتی کانتینری
 Container terminals پایانه کانتینر
 Container yard محوطه نگهداری کانتینر
 Continuity of sediment flux پیوستگی شار رسوب
 Converged embedded length طول مدفون همگرا شده
 Coping تیر پیشانی
 Copper granulated blast furnace slag روباره پودر شده کوره مس
 Corrected peak bedrock acceleration حداکثر شتاب اصلاح شده سنگ بستر
 Correction factor ضریب اصلاحی
 Correction factor for scattered strength ضریب تصحیح برای پراکندگی مقاومت
 Corrosion control کنترل خوردگی
 Corrosion rate سرعت خوردگی
 Counterballast وزنه تعادل
 Coupled piles زوج شمع
 Coupled-pile anchorage زوج شمع مهاریه
 Covering پوشش
 Covering of main reinforcements پوشش آرماتورهای اصلی
 Covering works عملیات پوشش‌گذاری

Crack widths عرض ترک
 Cracking ترک خوردگی
 Crashed concrete بتن خرد شده
 Creep خزش
 Creep characteristics خصوصیات خزش
 Crest elevation تراز تاج
 Cross-shore sediment transport انتقال رسوب در جهت عمود بر ساحل
 Crown height ارتفاع تاج
 Cruiser قایق تفریحی دارای اتاقک
 Curbing حفاظ‌گذاری
 Current drag force نیروی پسای جریان
 Current efficiency کارایی جریان
 Current force نیروی جریان
 Current pressure coefficient ضریب فشار جریان
 Current pressure force نیروی فشار جریان
 Current velocity سرعت جریان
 Curtain wall breakwater موج شکن دیواره غشایی
 Cut and cover tunnels تونل سرپوشیده زیرزمینی
 Cyclic triaxial test آزمایش سه محوری سیکلیک
 Cylindrical failure surface سطح گسیختگی استوانه‌ای
 Cylindrical members اعضای استوانه‌ای
 Cylindrical structures سازه‌های استوانه‌ای

D

Damage rate, damage level, relative damage نرخ خرابی، سطح خرابی، خرابی نسبی
 Damage ratio نسبت خرابی
 Damping constant ثابت میرایی
 Damping factor ضریب میرایی
 Datum level تراز مبنا
 Datum level for construction work تراز مبنا برای عملیات ساخت
 Deadweight وزن مرده
 Deadweight tons (dwt) وزن مرده بر حسب تن
 Deck slab دال عرشه
 Deep foundations پی عمیق
 Deep mixing (dm) machine ماشین اختلاط عمیق
 Deep mixing method روش اختلاط عمیق
 Deepwater wave energy flux شار انرژی موج در آب عمیق
 Deepwater wave steepness تیزی موج در آب عمیق
 Deepwater waves امواج در آب عمیق
 Deflection تغییر شکل

Deflection curve equation معادله منحنی تغییر شکل
 Deflection curve method روش منحنی تغییر شکل
 Deformation level سطح تغییر شکل
 Deformation modulus ضریب تغییر شکل
 Deformation moment لنگر تغییر شکل
 Deformation resistance coefficient ضریب مقاومت در برابر تغییر شکل
 Deformed concrete caisson type breakwater موج شکن نوع صندوقه بتنی تغییر شکل یافته
 Degree of corrosion میزان خوردگی
 Degree of importance درجه اهمیت
 Density currents جریان چگالی
 Design bearing capacity coefficient ضریب ظرفیت باربری طراحی
 Design conditions شرایط طراحی
 Design lifetime عمر طراحی
 Design load بار طراحی
 Design luminous flux maintenance factor ضریب نگهداری شار نور طراحی منبع نور
 Design method روش طراحی
 Design of lighting طراحی نور
 Design seismic coefficient ضریب زلزله طراحی
 Design significant wave height ارتفاع موج مشخصه طراحی
 Design standard traffic volume حجم ترافیک استاندارد طراحی
 Design tide level تراز جزر و مد طراحی
 Design traffic volume حجم ترافیک طراحی
 Design vehicle وسیله نقلیه طراحی
 Design water depth عمق آب طراحی
 Design water level تراز آب طراحی
 Design waves امواج طراحی
 Design wind velocity سرعت باد طراحی
 Detached break-water موج شکن جدا از ساحل
 Detached pier اسکله جدا از ساحل
 Detailed design طراحی تفصیلی (جزئیات)
 Deviation انحراف
 Diagonal reinforcement آرماتور قطری
 Differential settlement نشست نامتقارن
 Diffracted wave موج تفرق یافته
 Diffraction تفرق
 Diffraction coefficient ضریب تفرق
 Diffraction diagrams نمودارهای تفرق
 Diffraction force نیروی تفرق

Dimensions of target vessel ابعاد شناور طرح
 Dinghy قایق بادبانی
 Directional spectrum طیف جهت دار
 Directional spreading function تابع پراکندگی جهت دار
 Directional spreading method روش پراکندگی جهت دار
 Directional spreading parameter ضریب پراکندگی جهت دار
 Dislodging کنده شدن
 Displacement - energy curve منحنی تغییر مکان- انرژی
 Displacement tonnage (dt) وزن آب جابجا شده
 Dissipation volume حجم از بین رفته
 Distribution functions توابع توزیع
 Distribution of intensity of illumination توزیع شدت نور
 Diurnal tide کشند روزانه
 Semi-diurnal tide کشند نیم روزانه
 Divergent waves امواج واگرا
 Dolphin دلفین (ستون مهاربند)
 Dolphin mooring مهاربند دلفینی
 Double sheet pile quaywall اسکله دیواری دو سپری
 Double-buoy mooring مهار با دو بویه
 Downdrift پایین دست
 Drag coefficient ضریب پسا
 Drag force نیروی پسا
 Drain pile diameter قطر شمع زهکش
 Drain piles شمع‌های زهکش
 Drainage distance فاصله زهکشی
 Drainage facilities تجهیزات زهکشی
 Dredged soil خاک لایروبی شده
 Dredged spoils ضایعات لایروبی شده
 Drift force coefficient ضریب نیروی رانشی
 Driven depth of cell shell عمق کوبش صفحه سلولی
 Drying shrinkage جمع شدگی ناشی از خشک شدن
 Dynamic modulus of deformation ضریب تغییر شکل دینامیکی
 Dynamic penetration resistance مقاومت نفوذ دینامیکی
 Dynamic properties مشخصات دینامیکی
 Dynamic water pressure فشار آب دینامیکی

E

Earth خاک
 Earth pressure فشار خاک
 Earth retaining section بخش حائل خاک
 Earth-retaining structure سازه حائل خاک

Earthquake load بار زلزله

Earthquake-resistance performance عملکرد مقاوم در برابر زلزله

Ebb tide جزر

Eccentric and inclined load بار خارج از مرکز و متمایل

Eccentric distance میزان خروج از مرکز

Eccentricity factor ضریب خروج از مرکزیت

Economical design طراحی اقتصادی

Effective buckling length طول موثر کمایش

Effective diameter قطر موثر

Effective fetch length طول موثر سطح بادگیر

Effective grain size اندازه دانه موثر

Effective harbor entrance width عرض موثر ورودی بندرگاه

Effective overburden pressure فشار بار تحمیلی موثر

Effective surcharge pressure فشار سربار موثر

Effective voltage ولتاژ موثر

Effective weight وزن موثر

Elastic beam analysis method روش تحلیل تیر ارتجاعی

Elastic constants ثابت‌های ارتجاعی

Electrical cone test آزمایش نفوذ مخروط الکتریکی

Electrical static cone penetration test آزمایش نفوذ مخروط ایستا الکتریکی

Embedded length عمق مدفون

Embedment length عمق مدفون شدگی

Encounter probability احتمال رخداد

End bearing area مساحت برابر انتها

End protection محافظت از انتهای روسازی

Energy loss اتلاف انرژی

Environmental conditions شرایط محیطی

Epicenter مرکز زلزله

Epoxy resin coated reinforcements آرماتورهای پوشیده شده با اپوکسی

Equivalent معادل

Equivalent beam method روش تیر معادل

Equivalent crown height coefficient ضریب ارتفاع تاج معادل

Equivalent deepwater wave height ارتفاع موج معادل در آب عمیق

Equivalent n-value معادل n عدد

Equivalent relative velocity سرعت نسبی معادل

Equivalent wall height ارتفاع معادل دیوار

Equivalent wall width عرض معادل دیوار

Equivalent width of wall عرض معادل دیوار

Equivalent-thickness method روش ضخامت معادل

Erosion area of cross section مساحت فرسایش سطح مقطع

Estuarine hydraulic phenomena پدیده هیدرولیک خور

Estuarine hydraulics هیدرولیک خور

Evaluation ارزیابی، سنجش، تخمین

Excess pore water pressure فشار آب اضافی حفرات

Expected sliding distance طول لغزش مورد انتظار

External stability پایداری خارجی

F

Facilities for passenger boarding تاسیسات پذیرش مسافران

Facility to trap the sediment تجهیزات تله اندازی رسوبات

Factor for effective cross-sectional area ضریب سطح مقطع موثر

Fatigue failure گسیختگی ناشی از خستگی

Fatigue limit state حالت حدی خستگی

Fatigue strength مقاومت خستگی

Fault distance فاصله از گسل

Fender reaction عکس‌العمل ضربه گیر

Fender reaction force نیروی عکس‌العمل ضربه گیر

Fenders ضربه گیر

Ferries قایق مسافری

Ferronickel granulated slag روباره فرونیکل آسیاب شده

Ferry terminals پایانه های قایق مسافری

Fetch سطح بادگیر

Fetch length طول سطح بادگیر

Fiber reinforced plastic (frp) پلاستیک تقویت شده با الیاف

Field measurement اندازه‌گیری میدانی

Field welding جوشکاری میدانی

Fillet welding جوش نواری

Filter sheet صفحه صافی

Final consolidation settlement نشست نهایی تحکیم

Finite amplitude wave موج با دامنه محدود

Finite amplitude wave theory نظریه موج با دامنه محدود

Finite element analysis تحلیل اجزا محدود

Finite multilayered چند لایه‌ای محدود

Finite water depth عمق آب محدود

Fire fighting equipment تجهیزات اطفاء حریق

Fixed earth support method روش پای گیردار

Fixed type نوع گیردار
 Fixing length طول گیرداری
 Flexibility number عدد انعطاف‌پذیری
 Floating body جسم شناور
 Floating breakwater موج‌شکن شناور
 Floating bridges پل شناور
 Floating pier اسکله شناور
 Floating structures سازه‌های شناور
 Floating type نوع شناور
 Flocculation لخته شدن
 Flood tide مد
 Floor slab دال کف
 Flow velocity parameter پارامتر سرعت جریان
 Fluid mud لجن روان
 Fluid mud layer لایه لجن روان
 Fluorescent sand tracers ردیاب‌های ماسه فلورسنت
 Flux method روش شار
 Fly ash خاکستر بادی
 Foam treated soil خاک بهبود یافته با کف
 Foot protection block بلوک (قطعه) حفاظت پنجه
 Footing پاشنه
 Footway live load بار زنده پیاده‌رو
 Forced displacement method روش جابجایی اجباری
 Foreshore ساحل جلویی
 Forged steel فولاد آهن‌گری شده
 Foundation ground خاک پی
 Foundations پی (شالوده)
 Free earth support method روش پای مفصلی
 Frequency فراوانی، فرکانس
 Frequency spectrum طیف فراوانی
 Frequency spectrum of wind velocity طیف فراوانی سرعت باد
 Friction coefficient ضریب اصطکاک
 Friction drag پسای زبری
 Friction increasing mats کرباس افزایش دهنده اصطکاک
 Friction piles شمع‌های اصطکاکی
 Frictional resistance مقاومت اصطکاکی
 Front toe reaction force نیروی عکس‌العمل پنجه جلویی
 Fueling and electric power supply facilities تجهیزات سوخت رسانی و تامین نیروی برق
 Fully plastic state moment لنگر پلاستیک کامل

G

Gate supports تکیه‌گاه‌های دریچه

Gates دریچه
 Generated electricity flux شار الکتریسیته تولیدی
 Geometrical moment of inertia گشتاور اینرسی هندسی
 Geostrophic wind باد لایه‌های سطحی جو
 Geotechnical conditions شرایط ژئوتکنیکی
 Glare درخشندگی زیاد
 Global warming افزایش دمای جهانی
 Gradient winds بادهای متغیر
 Grain size characteristics خصوصیات اندازه ذره
 Grain size distribution curve منحنی توزیع اندازه ذره
 Granulated blast furnace slag روباره کوره آهن‌گدازی آسیاب شده
 Gravity type quaywalls دیوار ساحلی نوع وزنی
 Gravity type structure سازه وزنی
 Grid شبکه
 Groin آب‌شکن
 Gross tonnage ظرفیت ناخالص
 Groundwater level تراز آب زیرزمینی
 Group velocity سرعت گروه
 Grouting material مصالح تزریق دوغاب
 Gust factor ضریب تندباد

H

Handicapped people افراد معلول
 Handrails نرده محافظ
 Harbor بندرگاه
 Harbor entrance ورودی بندر
 Haunch ماهیچه
 Hazardous cargoes کالاهای خطرناک
 Headed studs گل میخ
 Heaving بالا و پایین رفتن
 Heliports فرودگاه بالگرد
 High crested upright wall دیوار قائم بلند
 High seismic resistant structures سازه با مقاومت لرزه‌ای زیاد
 High water of ordinary spring tides تراز بالای مهکشندهای معمولی
 High-density blocks بلوک‌های (قطعات) سنگین
 High-fluidity concrete بتن با روانی بالا
 High-speed ferry قایق پر سرعت
 Highest one-tenth wave موج دهک اول مرتفع‌ترین امواج
 Highest one-tenth wave height ارتفاع موج دهک اول مرتفع‌ترین امواج
 Highest wave مرتفع‌ترین موج

Highest wave height ارتفاع مرتفع‌ترین موج
 Highly flowable concrete بتن بسیار روان
 Hinterland پس کرانه (زمین پشت ساحل)
 Holding powers قدرت نگهداری
 Hooks قلاب
 Horizontal coefficient of consolidation ضریب تحکیم افقی
 Horizontal force نیروی افقی
 Horizontal seismic coefficient ضریب زلزله افقی
 Horizontal shear modulus مدول برشی افقی
 Horizontal slit شکاف افقی
 Horizontal tension کشش افقی
 Hwl تراز میانگین مد ماهیانه
 Hwost تراز بالای مهکشندهای معمولی
 Hybrid caissons صندوقه‌های مرکب
 Hydraulic gradient شیب هیدرولیکی
 Hydraulic model experiments آزمایش‌های مدل هیدرولیکی
 Hydraulic radius شعاع هیدرولیکی
 Hydrostatic pressure فشار (ایستایی) هیدرواستاتیک
 Hyperbolic wave موج هذلولی

I

Illumination intensity calculation method روش محاسبه شدت روشنایی
 Immediate settlement نشست آنی
 Impact load بار ضربه ای
 Impact velocity سرعت ضربه
 Impact wave force نیروی ضربه موج
 Impermeable type نوع نفوذناپذیر
 Importance factor ضریب اهمیت
 Impulsive breaking wave force نیروی ضربه موج در حال شکست
 Impulsive pressure فشار ضربه
 Impulsive uplift نیروی ضربه بالا برنده
 Impulsive wave breaking force نیروی ضربه شکست موج
 Impulsive wave pressure فشار ضربه موج
 In-situ tests آزمایش‌های درجا
 Incident wave height ارتفاع موج برخوردی
 Incident waves امواج برخوردی
 Increase factor ضریب افزایش
 Indoor lighting روشنایی محیط بسته

Inertia coefficient ضریب اینرسی
 Inertia force نیروی اینرسی
 Infiltration نفوذ، نشت
 Infiltration of sediment نفوذ رسوب
 Inorganic lining پوشش غیرآلی
 Inshore نزدیک دریا، نزدیک ساحل
 Inspection بازرسی، بازدید، بررسی
 Installation depth عمق نصب
 Integrity of concrete blocks سلامت بلوک‌های بتنی
 Intensity of rainfall شدت بارش
 Intensity of wave pressure شدت فشار موج
 Intermediate soil خاک واسطه
 Internal friction angle زاویه اصطکاک داخلی
 Internal water pressure فشار آب داخلی
 International marine chart datum مبنای بین‌المللی نقشه دریایی
 Irregular wave امواج نامنظم

J

Jetty اسکله عمود بر ساحل، دستک
 Joint board صفحات درز
 Joint sealing materials مواد درزگیر
 Joints درز، اتصال

K

Keel ته کشتی

L

L-shaped member شکل L عضو
 Landfill خاکریز
 Landfill material مصالح خاکریز
 Lane مسیر، فاصله دو خط
 Large isolated structures سازه منفرد حجیم
 Lat حداقل جزر نجومی
 Latent hydraulic property ویژگی‌های نهفته هیدرولیکی
 Lateral axial spring constant of pile head ثابت فتری جانبی نوک شمع
 Lateral bearing capacity ظرفیت باربری جانبی
 Lateral displacement تغییر مکان جانبی
 Lateral flows جریان جانبی
 Lateral loading tests آزمایش بارگذاری جانبی
 Lateral resistance of piles مقاومت جانبی شمع
 Lateral strength مقاومت جانبی

Layer equivalency factor ضریب هم‌ارزی لایه
 Layout of breakwaters جانمایی موج‌شکن
 Levee خاکریز
 Level crossings تقاطع
 Life cycle cost هزینه دوره عمر
 Lifesaving facilities تجهیزات نجات غریق
 Lifetime عمر مفید
 Lift coefficient ضریب برآ
 Lift force نیروی برآ
 Lighthouse فانوس دریایی
 Lighting facilities تجهیزات روشنایی
 Lightweight aggregate concrete بتن سبکدانه
 Lightweight treated soil خاک بهبود یافته سبک
 Limit state حالت حدی
 Limit state design method روش طراحی حالت حدی
 Line load بار خطی
 Liquefaction روانگرایی
 Littoral drift انتقال رسوب ساحلی
 Live load بار زنده
 Load - settlement curve منحنی بار- نشست
 Load and pile head displacement curve منحنی بار و تغییر مکان سر شمع
 Load carrying capacity design method روش طراحی ظرفیت باربری
 Load factor ضریب بار
 Load inclination ratio نسبت تمایل بار
 Loading arms دستک بارگذاری
 Loading tests آزمایش بارگذاری
 Local buckling کمائش موضعی
 Lock حوضچه تنظیم تراز آب
 Longitudinal bending moment لنگر خمشی طولی
 Longitudinal construction joints درزهای اجرایی طولی
 Longitudinal slope شیب طولی
 Longshore currents جریان‌های موازی ساحل (کرانه‌ای)
 Longshore sediment transport انتقال رسوب موازی ساحل
 Low water level تراز جزر
 Low water of ordinary spring tides تراز پایین مهکشندهای معمولی
 Lowest astronomical tide حداقل جزر نجومی
 Luni-solar diurnal tide کشتند روزانه قمری- خورشیدی
 Lunar syzygy جفت متقارن قمری
 Lwl تراز میانگین جزر ماهیانه
 Lwost تراز پایین مهکشندهای معمولی

M

Mach-stem waves امواج دنباله ماخ
 Maintenance تعمیر و نگهداری
 Maintenance shop کارگاه تعمیر و نگهداری
 Marinas اسکله‌های تفریحی
 Mast height ارتفاع دکل
 Material factor ضریب مصالح
 Maximum scouring depth حداکثر عمق شسته شدن
 Mean adhesion چسبندگی متوسط
 Mean high water level (mhw) تراز میانگین مد
 Mean low water level (mlwl) تراز میانگین جزر
 Mean monthly-highest water level تراز میانگین مد ماهیانه
 Mean monthly-lowest water level تراز میانگین جزر ماهیانه
 Mean sea level (msl) تراز میانگین دریا
 Mean water level تراز میانگین آب
 Mega-float شناور فوق‌العاده بزرگ
 Metacenter مرکز توازن
 Model experiments آزمایش‌های مدل
 Modulus of elasticity ضریب ارتجاعی
 Modulus of subgrade reaction ضریب عکس‌العمل زمین
 Moored vessel شناور مهار شده
 Mooring / unmooring basin حوضچه مهار/ جدا شدن
 Mooring anchor لنگر مهار
 Mooring buoy بویه مهار
 Mooring chain زنجیر مهار
 Mooring equipment تجهیزات مهار
 Mooring facilities تاسیسات مهار، تاسیسات پهلویی
 Mooring pile شمع مهار
 Mooring post ستون مهار
 Mooring ring حلقه مهار
 Mooring rope طناب مهار
 Motorboat قایق موتوری
 Mound materials مصالح پشته
 Multi-storied storage facilities تاسیسات انبار چند طبقه
 Multiple low fences حفاظ‌های کوتاه چندگانه

N

N-th moment of the wave spectrum ام طیف موج n ممان مرتبه
 N-type scouring n شسته شدن نوع
 Nautical charts نقشه‌های دریایی
 Navigation aids علائم ناوبری

Neap tide کهکشند
 Nearly highest high water level (nhhw)
 تراز آب نزدیک به مد حداکثر
 Negative skin friction اصطکاک منفی رویه
 Negative uplift pressure فشار بالا برنده منفی

O

Open-type wharf اسکله شمع و عرشه موازی ساحل
 Organic lining پوشش آلی
 Original sea bottom depth عمق اولیه بستر دریا
 Outdoor lighting روشنایی محیط آزاد
 Overburden pressure فشار بار تحمیلی
 Overtopping روگذری
 Overturning واژگونی

P

Parapet retreating type seawall
 دیواره ساحلی از نوع با دیواره عقب
 Parapet جان پناه، دیواره تاج موج شکن
 Parking lots پارکینگ
 Partial safety factors ضرایب ایمنی جزئی
 Particle density چگالی ذره
 Particle size distribution توزیع اندازه ذرات
 Passageways راهروها
 Passenger building ساختمان مسافران
 Passenger ship کشتی مسافربری
 Passenger terminals پایانه مسافربری
 Passive earth pressure فشار خاک مقاوم
 Penetration depth عمق نفوذ
 Perforated wall دیوار سوراخ دار
 Perforated-wall caisson
 صندوقه نوع دیواره سوراخ دار (سوراخ سوراخ)
 Permanent load بار دائمی
 Pile شمع
 Pile breakwater موج شکن شمع
 Pile foundation پی شمع
 Pile group گروه شمع
 Pile head displacement جابجایی نوک شمع
 Pipeline خط لوله
 Pitching غلتش طولی
 Plain concrete بتن ساده، بتن غیر مسلح
 Planar slip surface سطح لغزش مسطح
 Plantation works عملیات پوشش گیاهی

Plastic sectional modulus ضریب پلاستیک مقطع
 Plastic-board drain زهکش‌های پلاستیکی
 Plate load test آزمایش بارگذاری صفحه
 Pleasure boats قایق‌های تفریحی
 Plunging breakers شکست فرو ریز
 Pneumatic fenders ضربه گیر بادی
 Poisson's ratio ضریب پواسون
 Pontoon پانتون
 Porous caisson صندوقه متخلخل
 Port traffic facilities تجهیزات ترافیکی بندر
 Prestressed concrete بتن پیش تنیده
 Primary consolidation تحکیم اولیه
 Principal direction جهت اصلی، مسیر اصلی
 Principal lunar diurnal tide کشند روزانه قمری اصلی
 Principal lunar semi-diurnal tide
 کشند نیم روزانه قمری اصلی
 Principal solar semi-diurnal tide
 کشند نیم روزانه خورشیدی
 Probability density function تابع چگالی احتمال
 Progressive waves امواج پیش رونده
 Protective facilities تجهیزات محافظت
 Prototype design طراحی مدل اولیه
 Punching shear برش سوراخ کننده
 Pure car carriers کشتی‌های حمل خودرو
 Pushing-in bearing capacity of pile
 ظرفیت باربری کوبش شمع

Q

Quay sheds انبارهای اسکله
 Quaywalls اسکله دیواری

R

Radius of gyration شعاع ژیراسیون
 Rail-type traveling cargo handling equipment ...
 تجهیزات ریلی جابجایی کالا
 Reaction forces نیروهای عکس العمل
 Ready-mixed concrete بتن آماده
 Reclamation revetments
 پوشش سنگچین با کاربری بازایی زمین
 Reef آبسنگ، تپه دریایی
 Reflected waves امواج بازتابی، امواج منعکس شده
 Reflection انعکاس، بازتاب
 Reflector sheet صفحات انعکاسی، صفحات بازتابنده
 Refraction انکسار

Regional seismic coefficient ضریب زلزله منطقه‌ای
 Reinforced concrete بتن مسلح
 Reinforced concrete piles (rc piles) شمع‌های بتن مسلح
 Relieving platform سکوی کمکی
 Residual displacement جابجایی باقیمانده
 Residual water level تراز آب باقیمانده
 Residual water pressure فشار آب باقیمانده
 Restoring force نیروی بازگشت
 Return period دوره بازگشت
 Revetment پوشش سنگ‌چین
 Rip currents جریان‌های بازگشتی
 River mouth دهانه رودخانه
 Roll-on roll-off ships کشتی‌های رو رو
 Rolling غلتش عرضی
 Rubber لاستیک
 Rubble mound پشته سنگریزه‌ای
 Rubble mound breakwater موج‌شکن سنگریزه‌ای
 Rubble mound foundation پی سنگریزه‌ای
 Rubble stones قلوه سنگ
 Runup بالاروی

S

Safe nautical depth عمق ایمن دریانوردی
 Safety factor ضریب ایمنی
 Sand bar زیانه شنی
 Sand compaction pile method روش شمع تراکم ماسه‌ای
 Sand fences حفاظ‌های ماسه
 Sand filling ماسه پرکننده
 Sand mastic asphalt ماسه با بتونه قیری
 Sand mat لایه گسترده ماسه‌ای
 Sand ripples ناهمواری موجی ماسه
 Scouring آب شستگی
 Seabed gradient شیب بستر دریا
 Seawalls دیواره ساحلی
 Secondary consolidation تحکیم ثانویه
 Sedimentation ته‌نشینی، رسوب‌گذاری
 Seep-proof screen صفحات ضد تراوش
 Seepage تراوش، نفوذ
 Seiche نوسان آزاد، امواج نوسان کننده رفت و برگشتی حوضچه‌ها
 Seismic coefficient ضریب زلزله
 Semi-container ships کشتی‌های نیمه کانتینری
 Semitrailer truck کامیون ترایلر
 Service conditions شرایط بهره‌برداری

Serviceability limit state حالت حدی بهره‌برداری
 Setting level of tie rod تراز نصب میل مهار
 Settlement نشست
 Sheet flow جریان بستر
 Sheet pile سپر
 Sheet pile anchorage تکیه‌گاه میل مهار سپر
 Ship waves امواج کشتی
 Shoaling خزش
 Shoaling coefficient ضریب خزش
 Side thrusters سکان‌های جانبی
 Significant wave موج غالب
 Signs or notices تابلوها و هشدارها
 Siltation رسوب‌گذاری
 Single pile تک شمع
 Single-buoy mooring بویه مهارتی تک
 Sinker and anchor chain type mooring buoys بویه مهارتی نوع وزنه و لنگر زنجیری
 Sinker type mooring buoy بویه مهارتی نوع وزنه‌ای
 Sinking currents جریان‌های فرو رونده
 Skirt guard حفاظت اطراف
 Slack mooring مهاربندی سست
 Slenderness ratio ضریب لاغری
 Sliding لغزش
 Sliding stability پایداری لغزشی
 Slip surface سطح لغزش
 Slipway سرسره
 Slit شکاف
 Sluice آب‌گیر
 Smear دست خوردگی
 Splash zone ناحیه پاشش
 Spring rise مهکشدن بالا
 Spring tide مهکشند
 Stability پایداری
 Standard concrete strength مقاومت مشخصه بتن
 Standing wave موج ایستا
 Steel cellular-bulkhead type dolphins دلفین نوع دیواری سلولی فلزی
 Steel plate cellular-bulkhead quaywall اسکله دیواری سلولی صفحه فولادی
 Steel sheet pile cellular-bulkhead quaywall اسکله دیواری سلولی سپری فولادی
 Steel sheet pile quaywall اسکله دیواری سپری فولادی
 Stiffeners سخت کننده
 Still water level تراز آب ساکن

Stirrups خاموت
 Storm conditions شرایط طوفانی
 Storm surge خیزاب طوفان، برکشند طوفان
 Storm tide مد طوفان، کشند طوفان
 Straight asphalt قیر عادی
 Submerged zone منطقه مغروق
 Subsoil خاک بستر
 Superstructure عرشه، سازه فوقانی
 Surcharge سربار
 Surf beat نوسان خیزاب
 Surf similarity parameter پارامتر نوع شکست
 Surf zone ناحیه شکست
 Surging پس و پیش رفتن
 Surging breaker شکست خیزشی موج
 Suspended sediment رسوب معلق
 Swash zone ناحیه پاشش
 Swaying پهلو به پهلو شدن
 Swinging mooring مهار چرخشی

T

Target vessel شناور طرح
 Taut mooring مهاربندی محکم
 Threshold depth of sediment movement
 حد عمق حرکت رسوبات
 Tension leg platform (tlp) سکوی شناور پایه کششی
 Threshold wave heights for cargo handling
 حد ارتفاع موج حوضچه آرامش برای جابجایی کالا
 Tidal currents جریان‌های کشندی، جریان‌های جزرومدی
 Tidal zone ناحیه جزر و مدی
 Tolerable damage level سطح خرابی قابل تحمل
 Tractive force نیروی کشش
 Training jetties اسکله‌های عمودبر ساحل پشت سر هم
 Transformations of waves انتقال موج
 Transitional embedded length طول مدفون گذرا
 Transmission عبور
 Transverse contraction joint درز انقباض عرضی
 Transverse expansion joint درز انبساط عرضی
 Transverse waves امواج عرضی
 Trapezoidal caisson صندوقه دوزنقه‌ای
 Trapped air هوای حبس شده
 Turning تغییر جهت، چرخش، دور زدن
 Turning basin حوضچه چرخش شناور
 Typhoon گردباد اقیانوسی

U

Ultimate bearing capacity ظرفیت باربری نهایی
 Ultimate limit state حالت حدی نهایی
 Ultimate load بار نهایی
 Unconfined compressive strength
 مقاومت فشار دورگیری نشده
 Updrift بالادست
 Uplift pressure فشار بالا برنده
 Upright breakwater موج‌شکن قائم
 Upright wall دیوار قائم
 Upwelling currents جریان‌های بالا رونده
 Utilization factor ضریب بهره‌برداری

V

Vertical breakwater موج‌شکن قائم
 Vessel berthing force نیروی پهلوگیری شناور
 Vessel pulling force نیروی کشش شناور
 Vortices گردابه

W

Wall body بدنه دیوار
 Warehouse انبار کالا
 Warning signs تابلوهای هشدار
 Waterproofness آب بندی
 Wave actions اثرات موج
 Wave breaking شکست موج
 Wave chamber محفظه موج، فضای خالی صندوقه، اتاقک موج
 Wave crest تاج موج
 Wave development رشد موج، پیشروی موج
 Wave diffraction تفرق موج
 Wave direction جهت موج، مسیر موج
 Wave energy flux شار انرژی موج
 Wave hindcasting پیشیابی موج
 Wave observation مشاهده موج، بررسی موج
 Wave overtopping روگذری موج
 Wave reflection بازتاب موج، انعکاس موج
 Wave refraction انکسار موج
 Wave runup بالا روی موج
 Wave setup خیزاب موج
 Wave shoaling خزش موج
 Wave spectrum طیف موج
 Wave steepness تیزی موج
 Wave transformation انتقال موج

Wave transmission	عبور موج
Wave trough	قعر موج
Wave velocity	سرعت موج
Wave-absorbing block	بلوک جذب موج
Wave-dissipating block	بلوک استهلاک موج
Wave-drift force	نیروی رانش موج
Wave-exciting force	نیروی برانگیزنده موج
Wide mound berm	سکوی افقی عریض پشته
Wind drag coefficient	ضریب پسای باد
Wind drift currents	جریان‌های رانشی باد
Wind duration	طول مدت وزش باد
Wind setup	خیزاب ناشی از باد
Wind waves	امواج ناشی از باد
Wind-blown sand	ماسه باد آورده
Windbreaks	باد شکن‌ها

Y

Yawing	زیگزاگی رفتن
Yield load	بار تسلیم
Yield strength	مقاومت تسلیم

Z

Zero-upcrossing method	روش قطع تراز صفر رو به بالا
Zeroth moment of the wave spectrum	ممان مرتبه صفر

Abstract

This part includes design and required consideration of protective facilities for harbors. These facilities are such as different types of break waters, locks, facilities for prevent shoaling and siltation (jetty, groins and etc.), and revetments. For each one, required consideration of layout, design conditions and stability are presented.



Islamic Republic of Iran
Vice presidency for Strategic Planning and Supervision

Coastal Structures

Design Manual

Part 7: Protective Facilities for Harbors

No. 636

Ministry of Road and Urban Development	
Port and Maritime Organization	
Deputy of Development and Equipping of Ports	Office of Deputy for Strategic Supervision
Department of Coasts and Ports Engineering	Department of Technical Affairs
http://coastseng.pmo.ir	Nezamfanni.ir

این نشریه

با عنوان دستورالعمل طراحی سازه‌های ساحلی
[تجهیزات محافظت بندر] شامل شش فصل است.

کلیات، موج‌شکن، انواع دیگر موج‌شکن‌ها،
حوضچه‌های تنظیم تراز آب، تاسیسات پیشگیری
از کم عمقی و رسوب‌گذاری، و پوشش سنگچین،
فصل‌های مختلف نشریه را تشکیل می‌دهند.

دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و
عوامل دیگر می‌توانند از این نشریه به عنوان راهنما
استفاده کنند.