



جمهوری اسلامی ایران

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور

# دستورالعمل طراحی

## سازه‌های ساحلی

بخش هفتم: تجهیزات محافظت

بنادر

نشریه شماره ۶۳۶

معاونت نظارت راهبردی

امور نظام فنی

[nezamfanni.ir](http://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	
<p>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 «<b>دستورالعمل طراحی سازه‌های ساحلی، بخش هفتم - تجهیزات محافظت بندر</b>» از نوع گروه دوم ابلاغ می‌شود تا از تاریخ ۱۳۹۲/۷/۱ به اجرا درآید.</p> <p>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.</p> <p>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.</p>	
<p>بهرروز مرادی</p> 	



## 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 ۳۳۴۹۷/ت/۴۲۳۳۹ 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 به پشتوانه مطالعات و تحقیقات صورت پذیرفته در بخش مهندسی سواحل و بنادر از جمله 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 استانداردها 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، صاحب‌نظران 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 مهندسی 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، مهندسیین مشاور، پیمانکاران و سازندگان قرار بگیرد.

## **معاون نظارت راهبردی**

**تابستان ۱۳۹۲**



## تهیه و کنترل دستورالعمل طراحی سازه‌های ساحلی، بخش هفتم - تجهیزات محافظت بنادر [نشریه شماره ۶۳۶]

### مجری و مسئول تهیه متن:

خسرو برگی      دکترای مهندسی عمران      دانشگاه تهران

### گروه تهیه کننده:

سید عطاءاله صدر	کارشناس مهندسی عمران	سازمان بنادر و دریانوردی
خسرو برگی	دکترای مهندسی عمران	دانشگاه تهران
علی اکبر رضانیانپور	دکترای مهندسی عمران	دانشگاه صنعتی امیرکبیر
علیرضا کبریایی	کارشناس ارشد مهندسی عمران	سازمان بنادر و دریانوردی
بهروز گتمیری	دکترای مهندسی عمران	دانشگاه تهران
مجید جندقی علایی	دکترای مهندسی عمران	مهندسان مشاور
محمد رضا اله یار	کارشناس ارشد مهندسی عمران	سازمان بنادر و دریانوردی
سید رسول میرقادری	دکترای مهندسی عمران	دانشگاه تهران
محسن سلطانپور	دکترای مهندسی عمران	دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
رضا کمالیان	دکترای مهندسی عمران	موسسه تحقیقات آب - وزارت نیرو

### بررسی و اظهار نظر کنندگان:

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

### تنظیم و آماده سازی:

رضا سهرابی قمی	کارشناس ارشد فیزیک دریا	سازمان بنادر و دریانوردی
به‌رنگ نیرومند	کارشناس ارشد مهندسی عمران	سازمان بنادر و دریانوردی
سمیه شوقیان	کارشناس مترجمی زبان	سازمان بنادر و دریانوردی
مانی مقدم	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

صفحه	عنوان
<b>فصل اول - کلیات</b>	
۵	۱-۱- ملاحظات کلی
۶	۲-۱- نگهداری
<b>فصل دوم - موج شکن</b>	
۹	۱-۲- کلیات
۹	۲-۲- جانمایی موج شکن
۱۱	۳-۲- شرایط طراحی موج شکن
۱۱	۴-۲- انتخاب انواع سازه‌های
۱۵	۵-۲- تعیین مقطع عرضی
۱۵	۱-۵-۲- موج شکن قائم
۱۶	۲-۵-۲- موج شکن مرکب
۱۷	۳-۵-۲- موج شکن شیبدار
۱۸	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
۱۹	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
۲۰	۷-۲- ارزیابی پایداری
۲۰	۱-۷-۲- ارزیابی پایداری قسمت قائم
۲۶	۲-۷-۲- محاسبه پایداری قسمت شیبدار
۲۶	۳-۷-۲- ارزیابی پایداری کل مقطع
۲۷	۴-۷-۲- ارزیابی پایداری پوزه و گوشه موج شکن

۲۸	۸-۲- جزئیات سازه
۲۸	۸-۲-۱- موج شکن قائم
۲۹	۸-۲-۲- موج شکن مرکب
۳۱	۸-۲-۳- موج شکن شیبدار
۳۲	۸-۲-۴- موج شکن صندوقه‌ای پوشیده شده توسط بلوک بتنی مستهلک کننده موج
۳۲	۹-۲- طراحی جزئیات بخش قائم موج شکن
۳۲	۱۰-۲-۱- موج شکن تاسیسات جابجایی الوار
۳۲	۱۰-۲-۱-۱- موج شکن مربوط به حوضچه‌های ذخیره الوار و حوضچه‌های مرتب سازی الوار
۳۲	۱۰-۲-۲- 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	۳-۱- انتخاب نوع سازه‌ای
۳۹	۳-۲- موج شکن ویژه وزنی
۳۹	۳-۲-۱- کلیات
۴۰	۳-۲-۲- موج شکن بلوکی قائم جاذب موج
۴۲	۳-۲-۳- موج شکن صندوقه‌ای جاذب موج
۴۴	۳-۲-۴- موج شکن صندوقه‌ای با تاج شیبدار
۴۷	۳-۳- موج شکن‌های نوع غیر وزنی
۴۸	۳-۳-۱- موج شکن دیواره غشایی
۵۰	۳-۳-۲- موج شکن شناور

#### فصل چهارم- حوضچه‌های تنظیم تراز آب

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

۵-۴ سیستم پمپاژ و تخلیه ..... ۵۹

۶-۴ تاسیسات جانبی ..... ۵۹

#### فصل پنجم- تاسیسات پیشگیری از کم عمقی و رسوب گذاری

۱-۵ کلیات ..... ۶۳

۲-۵ دستک ..... ۶۳

۱-۲-۵ جانمایی دستک ..... ۶۳

۲-۲-۵ جزئیات دستک ..... ۶۵

۳-۵ گروه آب شکن ..... ۶۶

۴-۵ دستک هدایت کننده ..... ۶۷

۱-۴-۵ جانمایی دستک هدایت کننده ..... ۶۷

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

۳-۴-۵ ساختار دستک هدایت کننده ..... ۶۸

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 ..... ۶۹

۲-۶-۵ انتخاب اقدامات پیشگیرانه ..... ۷۰

#### فصل ششم- پوشش سنگچین

۱-۶ اصول طراحی ..... ۷۵

۲-۶ شرایط طراحی ..... ۷۵

۳-۶ پایداری سازه های ..... ۷۹

۴-۶ تعیین مقطع عرضی ..... ۷۹

۵-۶ جزئیات ..... ۷۹

مراجع ..... ۸۳

چکیده انگلیسی .....

## 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 موج‌ها با پرپود 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 پایین دست.....	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

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



# بخش ۷

---

## تجهيزات محافظة 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 پهلوگیری و دیگر تاسیسات
  - (۲) تاثیرات 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، به‌گونه‌ای 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 پهلوگیری، 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 جزرومدی 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 تاثیرات 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 مدنظر 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 نوابری، و بخش ۶، بند (۴-۴) آرامش حوضچه، تامین گردد.

تفسیر

- (۱) موج شکن برای تامین آرامش در بندر، تسهیل بارگیری و تخلیه کالا، اطمینان از ایمنی کشتی‌ها هنگام نوابری 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 نوابری شناورها قرار نگیرد. همچنین جهت دهانه ورودی و کانال دسترسی باید به گونه‌ای باشد که نوابری را تسهیل نماید.
  - ت) دامنه جریان‌های جزرومدی 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 هم جهت 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 بندر به بخش ۲، بند (۴-۵) انتقال امواج، و بخش ۲، بند (۴-۶-۳) 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 (۴-۵-۴) 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 جزرومدی 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 تاثیرات تفرق اطراف هر دو انتهای موج‌شکن تغییرات قابل توجهی کرده و لذا پایداری موج‌شکن هم از این پدیده تاثیر می‌پذیرد. در ارتباط با تفرق موج به بخش ۲، بند (۴-۵-۴) 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.

## ۲-۳- 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 جزرومدی
- ۴) امواج
- ۵) عمق آب و شرایط ژئوتکنیکی بستر دریا
- ۶) عوامل دیگر

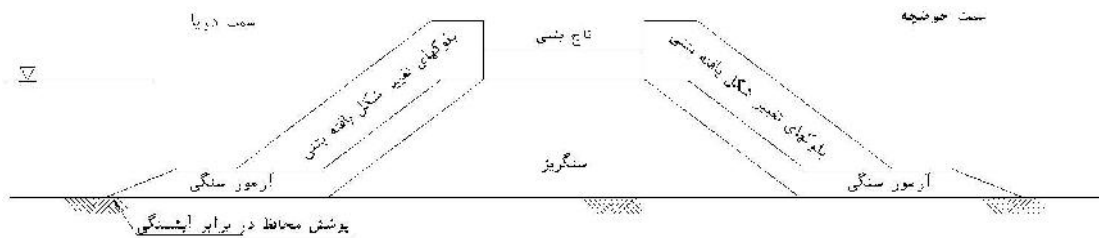
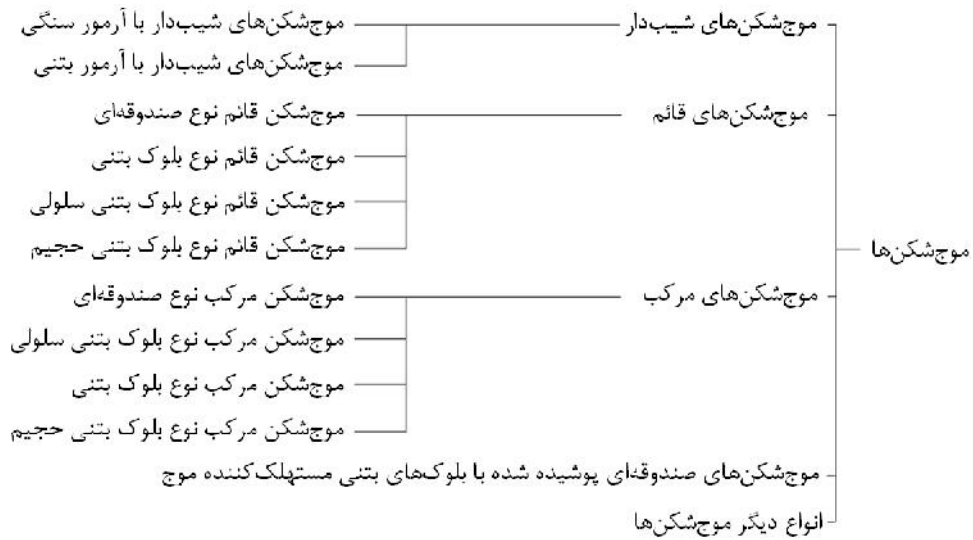
## ۲-۴- انتخاب انواع سازه‌ای

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:

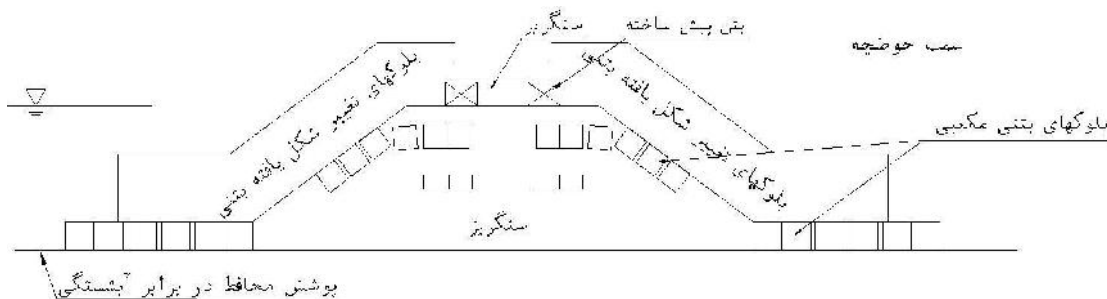
- ۱) جانمایی موج شکن
- ۲) شرایط محیطی
- ۳) شرایط بهره‌برداری
- ۴) شرایط اجرا
- ۵) جنبه‌های اقتصادی
- ۶) مدت زمان اجرا
- ۷) اهمیت موج شکن
- ۸) در دسترس بودن مصالح ساخت
- ۹) نگهداری

### نکات فنی

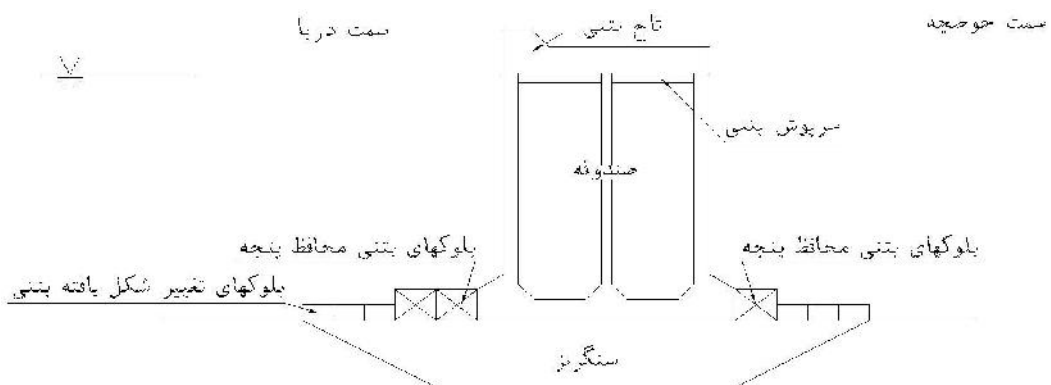
۱) موج شکن بر اساس نوع سازه‌ای به انواع زیر تقسیم می‌شود: (به شکل (۷-۱) الف تا خ) مراجعه شود)



الف) موج‌شکن شیب‌دار نوع سنگریزه‌ای

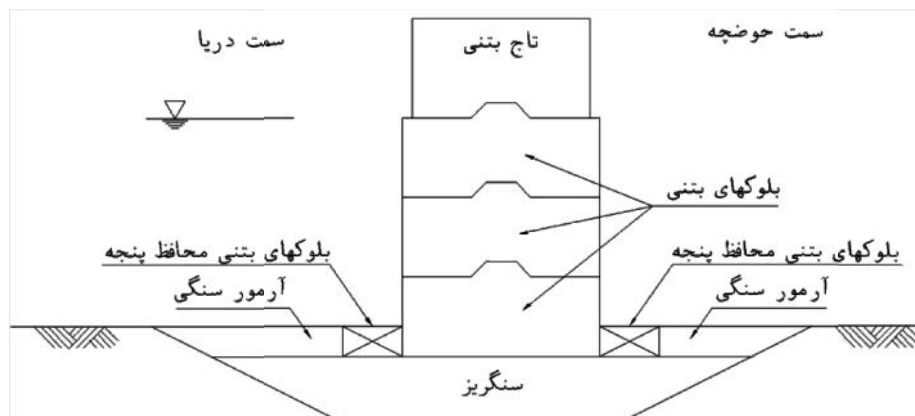


ب) موج‌شکن شیب‌دار نوع بلوک بتنی

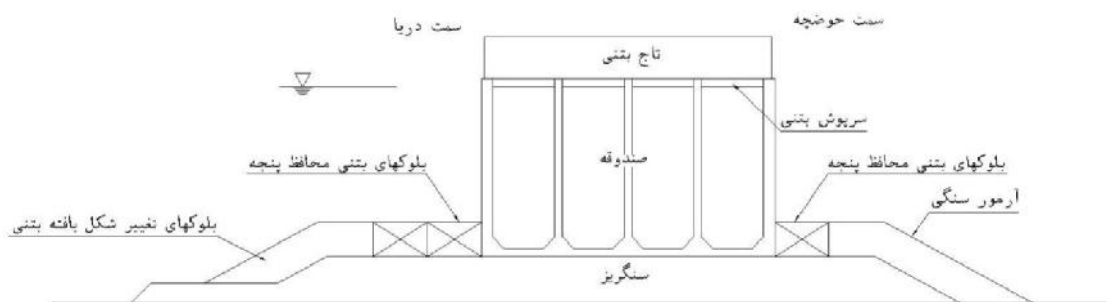


پ) موج‌شکن قائم نوع صندوقه‌ای

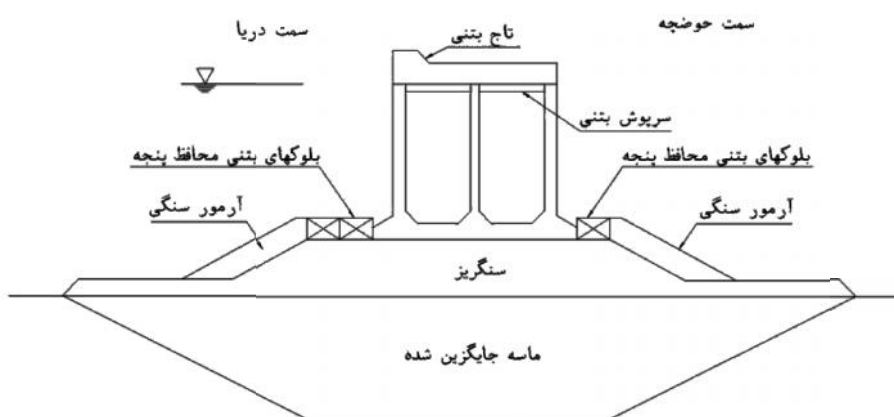
شکل ۷-۱- انواع موج‌شکن‌ها



(ت) موج شکن قائم نوع بلوک بتنی

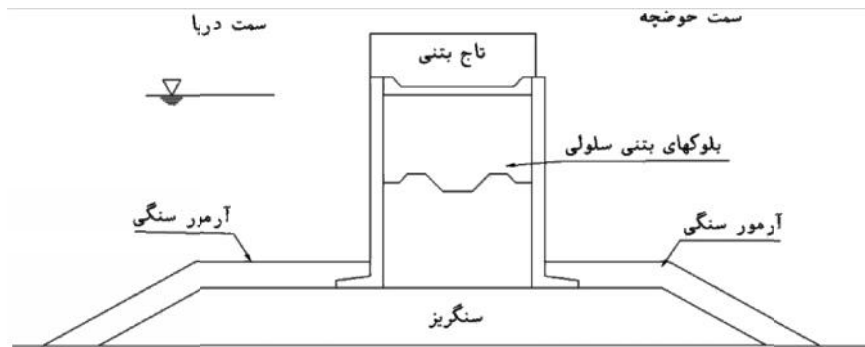


(ث) موج شکن مرکب نوع صندوقه‌ای

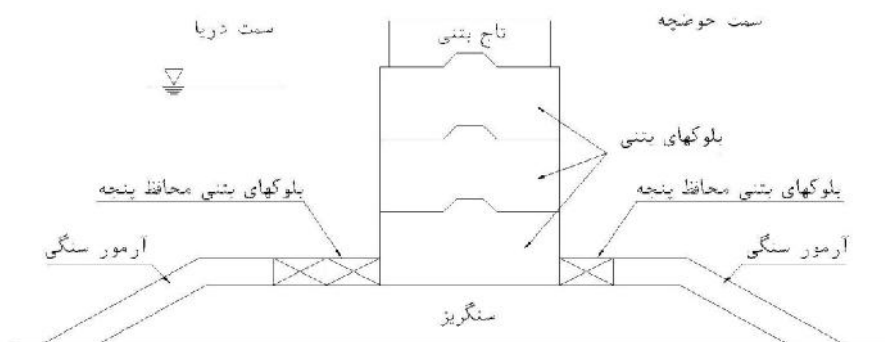


(ج) موج شکن مرکب نوع صندوقه‌ای (در مورد بستر لای نرم)

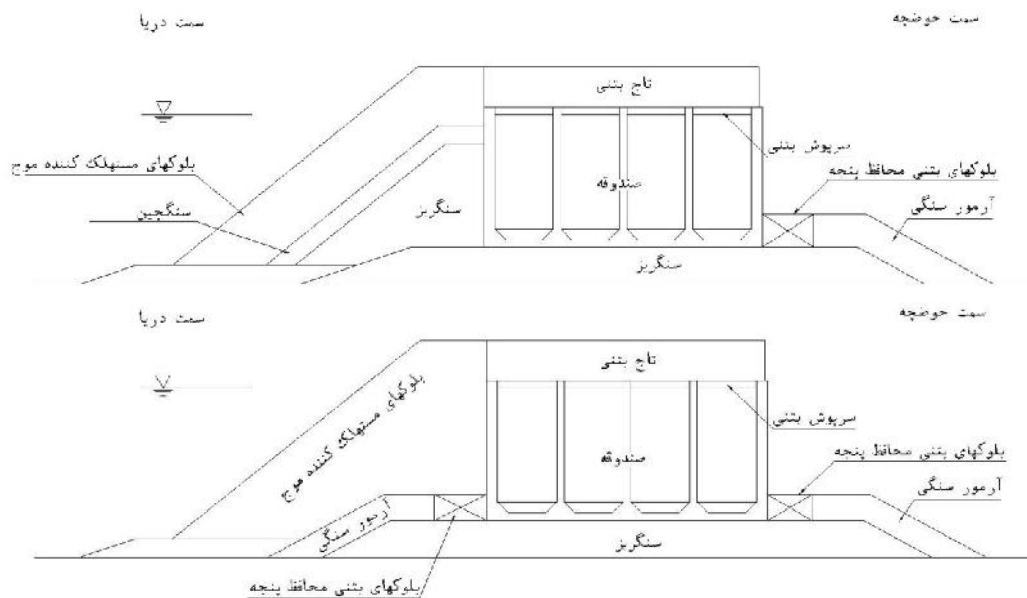
شکل ۷-۱- ادامه - انواع موج شکن‌ها



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- 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 جزرومد محدود می‌گردد. لذا معمولا 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 معمولا 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 معمولا ۱:۲ تا ۱:۳ و شیب سمت بندر بین ۱:۱/۵ تا ۱:۲ می‌باشد.

## ۲-۵-۳- موج شکن شیبدار

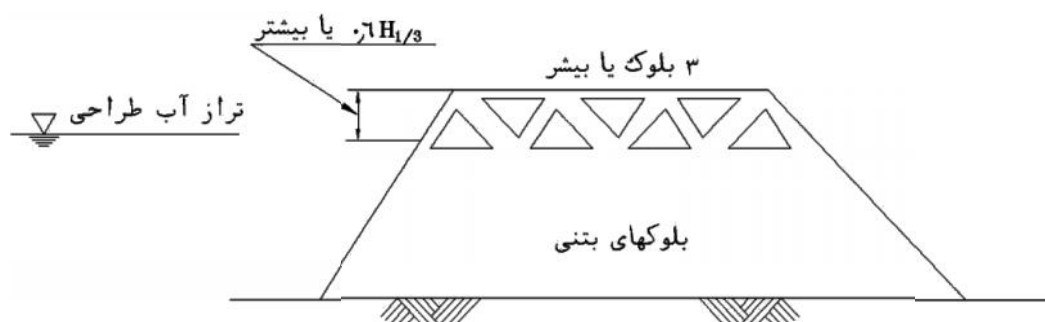
- (۱) تراز تاج باید همانند بند (۲-۵-۱) موج شکن قائم، تعیین شود.  
 (۲) عرض تاج باید بر اساس نتایج آزمایش‌های مناسب مدل هیدرولیکی تعیین گردد.

تفسیر

- (۱) به دلیل اینکه موج از میان موج شکن شیبدار نفوذ می‌کند، ارتفاع موج درون بند 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 جزرومدی 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 موج‌شکن 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 موج‌شکن را به هم متصل می‌کند، محاسبه شود.

**۲-۶-۵- بار مرده**

بار مرده موج‌شکن را می‌توان با استفاده از چگالی مصالح استفاده شده در ساخت موج‌شکن 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 موج‌شکن 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.

**۲-۷-۲- ارزیابی پایداری****۲-۷-۲-۱- 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 (۲-۱) کنترل می‌گردد. در این مورد باید ضریب اطمینان مناسب متناظر با ویژگی‌های سازه به کار گرفته شود.

$$F_s \leq \frac{\sim(W_0 - U)}{P} \quad (1-2)$$

که در آن:

$F_s$ : ضریب اصطکاک قسمت عمودی در برابر لغزش

$\mu$ : 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 (۲-۲) کنترل می‌گردد. در این مورد باید از ضریب اطمینان مناسب متناظر با ویژگی‌های سازه استفاده شود.

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

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

$F_s$ : 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 می‌گیرد.

۳) در مواردی که طراحی بر اساس قابلیت اطمینان انجام می‌شود، تحلیل پایداری سازه باید با در نظر گرفتن مقادیر آستانه مناسب انجام شود. برای نمونه، مقدار آستانه مناسب را می‌توان طول لغزش سازه‌ای متناظر با نوع عملکرد تاسیسات و ویژگی‌های 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 موج‌شکن توسط مدل‌های فیزیکی تایید شده باشد می‌توان 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 می‌شود تا ضریب اصطکاک بین قسمت قائم و پی سنگریزه‌ای افزایش یابد. در ارتباط با پوشش افزایش دهنده اصطکاک به بخش ۲، فصل ۱۶، ضریب اصطکاک، مراجعه شود.

۳) در ارتباط با بررسی پایداری موج‌شکن می‌توان از روش طراحی بر اساس قابلیت اطمینان استفاده نمود که در آن پایداری موج‌شکن در برابر امواجی که در طول بهره‌برداری از موج‌شکن به آن برخورد می‌نماید به صورت احتمالاتی محاسبه می‌شود.

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

### نکات فنی

۱) به عنوان یک قانون کلی، در روش‌های طراحی بر اساس ضرایب اطمینان در برابر گسیختگی، موج‌شکن طوری طراحی می‌شود که لغزش نداشته باشد. به همین دلیل ضریب اطمینان در برابر لغزش برای موج طرح، با یک حاشیه  $0/2$  یا بزرگتر همراه می‌باشد. با این وجود از دیدگاه عدم قطعیت آماری متغیرهای طراحی حتی برای موج‌شکن 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 تغییرپذیری نمونه داده‌های موج حدی روی ارتفاع موج محاسبه شده، در نظر گرفته می‌شود.

#### ب) احتمال وقوع تراز جزرومدی

تغییرات جزرومدی سطح آب با استفاده از چهار مولفه جزرومدی محاسبه شده و توزیع تجمعی سطوح جزرومدی در طول عمر سازه به دست می‌آید. همچنین برکشدن‌های 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 رخداد گسیختگی لغزشی بستگی دارد، به دلیل عدم قطعیت‌های این تاثیرات، نیازی به در نظر گرفتن موارد ذکر شده نمی‌باشد.

#### ج) تعیین لغزش

با فرض نمودن لغزش موج‌شکن هنگامی که ضریب اطمینان لغزشی کمتر از ۱ شود، محاسبه عددی یا شبیه‌سازی حرکت قسمت قائم موج‌شکن 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 موج‌شکن 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 شبیه‌سازی مونت کارلو انجام داده‌اند. برای مثال اگر روش طراحی بر اساس قابلیت اطمینان با مقدار آستانه ۳۰ یا ۵۰ سانتی‌متر 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 موج‌شکن 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 موج‌شکن انتخاب گردد.

۲) در ارتباط با ظرفیت باربری پی، Tsuchida و همکاران نشست در طول عمر موج‌شکن ساخته شده روی پی با ظرفیت باربری ناکافی را با استفاده از روش طراحی بر اساس قابلیت اطمینان برای موج‌شکن‌های طرح شده با روش ساده شده Bishop با ضریب اطمینان ۱ محاسبه نموده‌اند که با استفاده از این روش امکان طراحی موج‌شکن 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 لنگراندازی، 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 گرفتن پشته‌های موج‌شکن 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:

$$\frac{\sim_1 W_1 + R}{P} \geq 1.2 \quad (۳-۲)$$

که در آن:

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

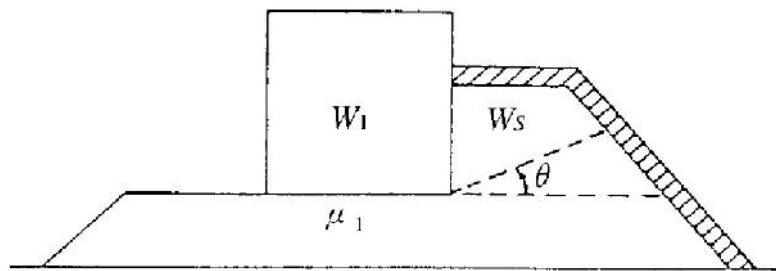
$W_1$ : وزن موثر قسمت قائم در آب ساکن پس از کم کردن نیروی بالابرنده ( $kN/m$ )

$\mu_1$ : 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

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

که در آن:

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

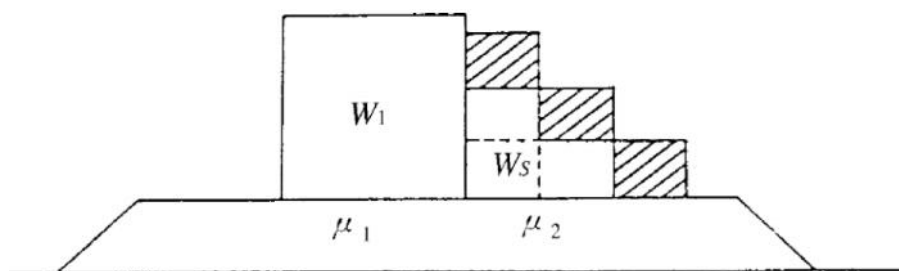
$\theta$ : زاویه سطح لغزش (درجه)

$\varphi = \tan^{-1} \mu_2$ :  $\mu_2$  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  $\theta$  به صورت سعی و خطا محاسبه می‌شود.

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



شکل ۷-۴- نیروی مقاومت لغزشی بلوک‌های بتنی

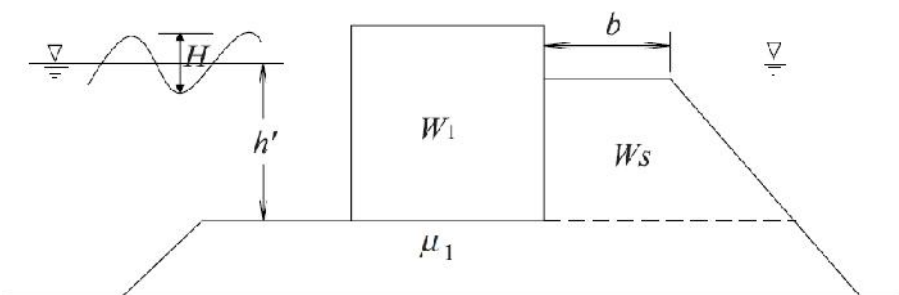
$$R = \mu_2 W_s \quad (۵-۲)$$

که در آن:

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

$\mu_2$ : ضریب اصطکاک بین بلوک‌های بتنی و پی سنگریزه‌ای

(پ) Takeda و همکاران با استفاده از آزمایش‌های خود نشان داده‌اند که نیروی مقاوم  $R$  تابعی از نسبت ارتفاع موج به عمق آب (رابطه ۲-۶) در موج شکن می‌باشد (به شکل (۵-۷) مراجعه شود).



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

$$R = \alpha W_s \quad (۶-۲)$$

در مورد پشته سنگریزه‌ای:  $r = 0.9 + 0.2(H/h' - 0.5)$

در مورد پشته بلوک‌های بتنی:  $r = 0.4 + 0.2(H/h' - 0.5)$

که در آن:

$W_s$ : وزن قطعات سنگی یا بلوک‌های بتنی در آب ساکن ( $kN/m$ )

$\alpha$ : ضریب مقاومت

$H$ : ارتفاع موج (متر)

$h'$ : عمق آب روی پی سنگریزه‌ای (متر)

با این حال، هنگامی که  $H/h > 0.5$ ، این مقدار ( $H/h'$ ) باید برابر با  $0.5$  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 (۱-۳-۵) 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 (۲-۳-۵) 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  $\frac{1}{30}$  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 (۲-۶) 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 جزرومدی که برای محاسبه پایداری کل مقطع استفاده می‌شود، باید تراز 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، ترجیحا 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 ترجیحا 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 نهدی 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) تغییرات امواج در گوشه‌های 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.

## ۲-۸- جزئیات سازه

### ۲-۸-۱- 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.

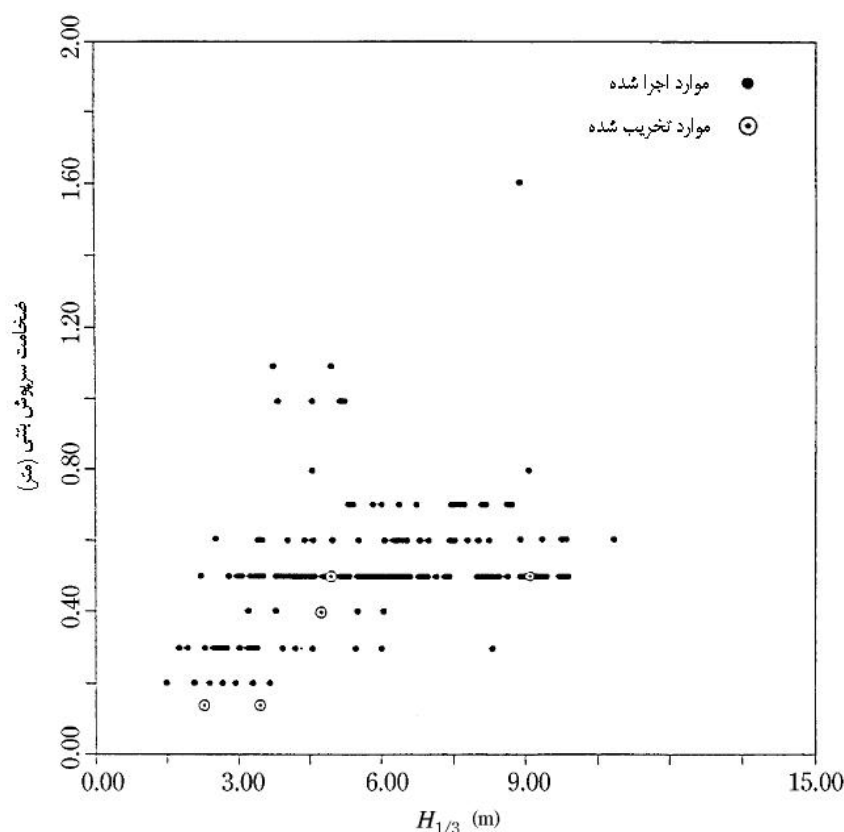
(۲) بتن تاج باید به گونه‌ای ریخته شود که با جسم اصلی موج‌شکن به صورت یک جسم صلب عمل نماید. همچنین در صورت استفاده از صندوقه، درزهای طولی باید در فواصل مناسب یا در محل اتصال صندوقه‌ها تعبیه شود.

(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 ۶-۷- نمونه‌هایی از ضخامت دیواره بتنی

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

## ۲-۸-۲- موج‌شکن 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 موج‌شکن 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 مورد نیاز 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 مورد نیاز بلوک‌های محافظ پنجه (متر)

$d_f$  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  $h'/h=0.4\sim 1.0$  قرار داشته باشد.

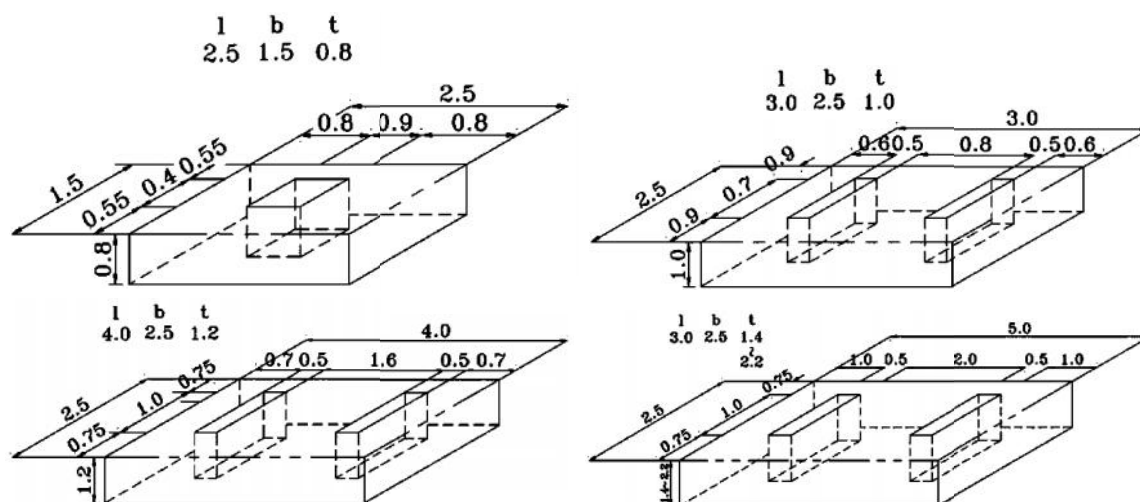
برای محاسبه ابعاد بلوک محافظ پنجه می‌توان ضخامت مورد نیاز را از رابطه (۷-۲) و ابعاد فهرست شده در جدول (۷-۱)

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)×b(m)×t(m)	ضخامت مورد نیاز و ابعاد بلوک‌های محافظ پنجه t (m)
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 به‌کار 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- موج‌شکن شیب‌دار

۱) باید در شالوده موج‌شکن شیب‌دار اقدامات محافظتی در برابر آب‌شستگی در پنجه قسمت شیب‌دار موج‌شکن و مکیده شدن ماسه زیر موج‌شکن با گستردگی 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 حمل‌شده توسط امواج سبب کم‌عمقی 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 گستردگی 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 موج‌شکن محافظ در برابر برکشند (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 موج‌شکن 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 برکشند (خیزاب) طوفان باید مد نظر قرار گیرد. هنگام زلزله، نیروی اینرسی و فشار دینامیکی آب وارد بر موج‌شکن باید به عنوان نیروهای خارجی در نظر گرفته شود.
- (۳) شایان ذکر است هنگامی که شالوده یک موج‌شکن محافظ در برابر برکشند طوفان دارای تراوایی زیادی باشد، آب از میان شالوده جریان یافته و عملکرد کاهش برکشند طوفان تقلیل می‌یابد 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 موج‌شکن، آب از میان شالوده سنگریز موج‌شکن جریان یافته و سبب آب‌شستگی زمین شالوده می‌شود. در چنین مواردی، ضرورت دارد اقدامات پیشگیرانه‌ای نظیر گستردن لایه‌هایی از سنگ فرش یا مترس، در نظر گرفته شود. در ارتباط با نفوذ آب در سنگریزه‌ها به بخش ۲، بند (۶-۶) تراز آب زیرزمینی و تراوش، نکات فنی بند (۲-د)، مراجعه شود.

**۲-۱۲- موج‌شکن محافظ در برابر سونامی**

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

**تفسیر**

- (۱) تمام مواردی که برای موج‌شکن محافظ در برابر برکشند طوفان از جمله کارایی کاهش ارتفاع سونامی و سرعت جریان در دهانه بندر مطرح شده است باید در مورد موج‌شکن محافظ در برابر سونامی نیز مورد بررسی قرار گیرد. تراز تاج موج‌شکن 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 (۴-۶) سونامی، مراجعه شود.
- (۲) فشار هیدرواستاتیکی ناشی از تفاوت تراز آب بین بیرون و درون موج‌شکن و همچنین نیروی موج سونامی، به عنوان نیروی خارجی وارد بر موج‌شکن عمل می‌کند. به علاوه باید به این واقعیت نیز توجه نمود که تراز آب پشت موج‌شکن به دلیل تفاوت جریان ورودی و جریان خروجی سونامی، همواره با تراز آب ساکن یکسان نمی‌باشد. از آنجا که عدم قطعیت‌های بسیاری در برآورد نیروی موج ناشی از سونامی وجود دارد، مقدار نیروی موج را باید از روش‌های مناسبی همچون آزمایش مدل هیدرولیکی به دست آورد.

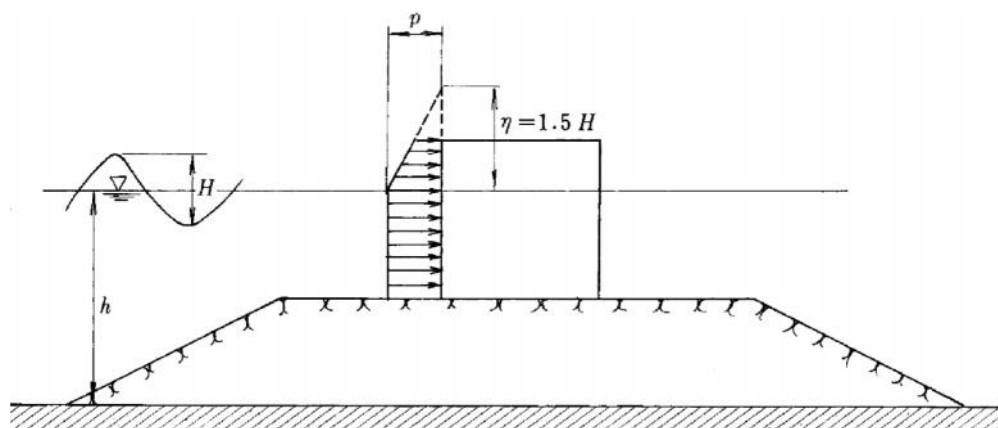
۳) مطالعه آزمایشگاهی انجام شده توسط Tanimoto و همکاران بیانگر آن است که وقتی یک سونامی در یک دهانه بندری باریک وارد می‌شود، سرعت جریان افزایش یافته و گردابه‌های قوی تولید می‌شود که تاثیر چشمگیری بر ناپایداری مصالح سنگچین بخش مستغرق موج‌شکن می‌گذارند. سونامی همچنین سبب اعمال نیروهای کششی قوی بر روی بستر 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 غیرخطی 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 (۴-۶) سونامی، تعیین شد. در شکل (۱-۱۲-۲) فشار  $p$  توسط رابطه  $1.1\rho_0 gH$  محاسبه شده است که در آن  $\rho_0$  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

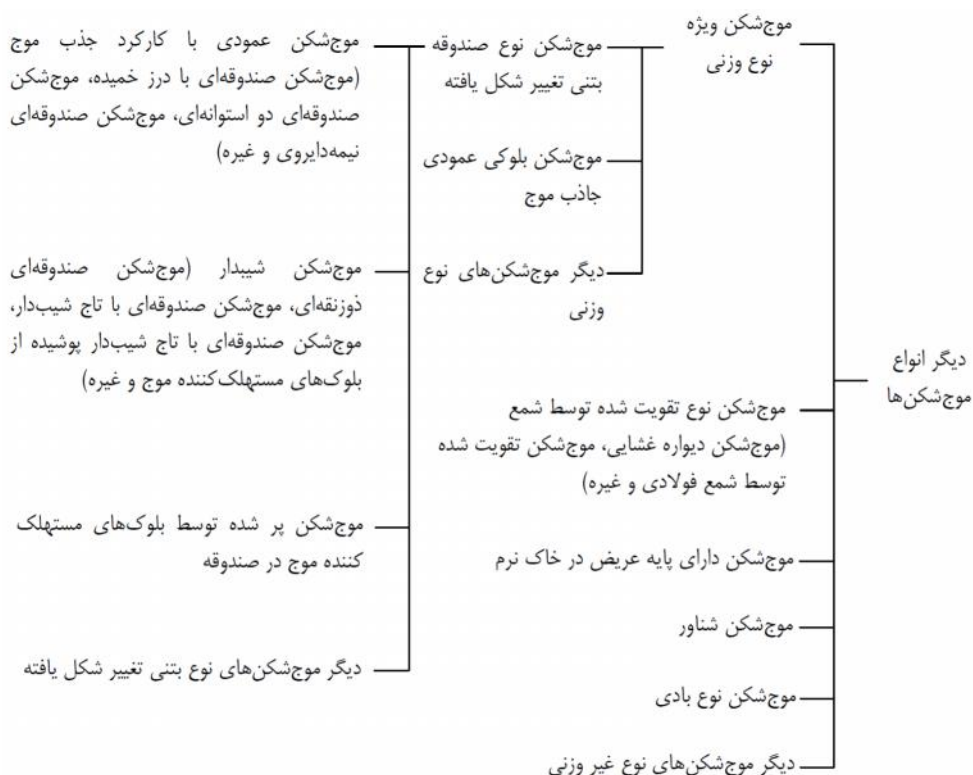
هنگام کاربرد موج شکن متفاوت از انواع اشاره شده در فصل ۲، موج شکن‌ها، مناسب‌ترین نوع سازه‌ای آن را می‌توان بر اساس شرایط طراحی (شرایط موج، قابلیت جابجایی آب، نیاز به کاهش بازتاب موج، میزان آرامش مورد نیاز درون بندر، شرایط زمین و غیره) انتخاب کرده و بر اساس مناسب‌ترین روش طراحی یا نتایج آزمایش مدل هیدرولیکی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

#### تفسیر

علاوه بر سرفصل‌های ارائه شده در فصل ۲، موج شکن‌ها، انواع متعدد دیگری از موج شکن‌ها 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 می‌باشد. در این راستا، نوع مناسب موج شکن که بتواند کارکردهای مورد انتظار را برآورده کند، باید با بررسی دقیق و گسترده مشخصه‌های مختص آن نوع موج شکن انتخاب شود.

#### نکات فنی

(۱) این فصل به بررسی موج شکن‌های ویژه‌ای می‌پردازد که دارای سازه‌هایی متفاوت از موج شکن‌های بحث شده در فصل ۲، موج شکن‌ها می‌باشد. می‌توان آنها را به صورت زیر طبقه‌بندی کرد:



شکل ۷-۹- طبقه‌بندی دیگر انواع موج شکن‌ها

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 پریرود کم کارایی دارد.



۲) از آنجا که بسیاری از موج شکن های گفته شده در بالا، دارای محدودیت های ویژه ای از دیدگاه شرایط کاربرد موج شکن دارند، بررسی های دقیق و انتخاب نوع مناسب متناظر با شرایط محل ساخت پروژه، ضرورت دارد.

۳) از آنجا که بسیاری از موج شکن های شرح داده شده در بالا، دارای شکلی متفاوت نسبت به انواع رایج می باشند، مشخصه های 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.

### ۳-۲- موج شکن ویژه وزنی

#### ۳-۲-۱- کلیات

طراحی موج شکن ویژه وزنی باید با مراجعه به فصل ۲، موج شکن ها، صورت گرفته و ابعاد سازه ای 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 آزمون های پایداری و محاسبات اعضای سازه ای به کار می رود، بر اساس شرایط موج و برای مقاصد مورد نظر، تعیین شود.

##### ۲) تعیین ابعاد سازه ای مرتبط با کارکردها

برای موج شکن قائم جاذب موج، باید ابعاد سازه ای 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 می شود، ابعاد مورد نیاز تحت تاثیر مشخصه های 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 بازشدگی های دیواره های صندوقه برای جابجایی آب باید با در نظر گرفتن مشخصه های انتقال موج سازه مورد نظر، تعیین شود.

##### ۳) طراحی کلی مقطع عرضی

طراحی کلی مقطع عرضی به استثنای ابعاد سازه ای 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 سازه ای وابسته می باشد، 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- موج شکن بلوکی قائم جاذب موج

#### ۲-۲-۳-۱- کلیات

موج شکن 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) موج شکن بلوکی قائم جاذب موج، موج شکنی 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 پرئود موج بستگی دارد. هنگام تعیین ضریب بازتاب، بهترین کار در نظر گرفتن تاثیر پرئود 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، موج شکن بلوکی قائم جاذب موج عموماً درون خلیج‌های کوچک یا درون بنادر با ارتفاع امواج نسبتاً کم به کار می‌روند.

#### ۲-۲-۳-۲- تراز تاج

تراز تاج موج شکن بلوکی قائم جاذب موج را می‌توان با مراجعه به بند (۲-۵-۱) موج شکن 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 موج شکن جاذب موج بلوکی در مقایسه با موج شکن مرکب، کوچک بوده، اما بزرگتر از مقادیر متناظر در یک موج شکن 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.

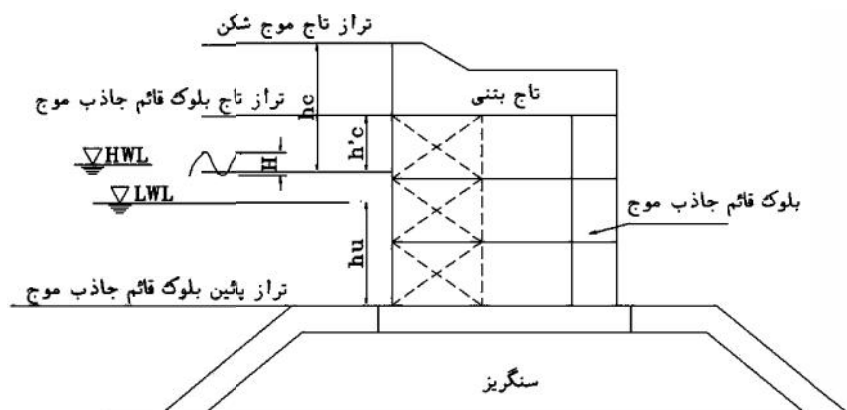
### نکات فنی

(۱) کارایی جذب موج یک موج شکن بلوکی قائم جاذب موج به ترازهای مربوط به تاج و کف بلوک‌های 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، پایین‌تر 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

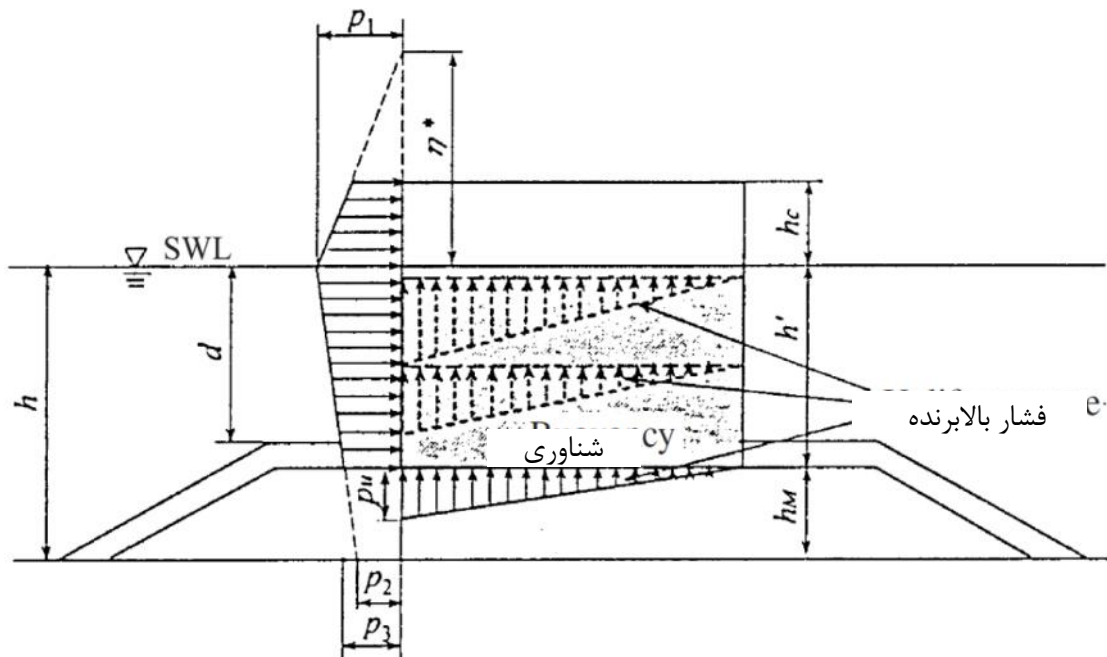
نیروی موج وارد بر یک موج شکن بلوکی قائم جاذب موج را می‌توان طبق بخش ۲، بند (۵-۲-۸) نیروی موج وارد بر صندوقه قائم جاذب موج، محاسبه کرد.



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 غوطه‌وری برای حجم جایجا شده زیر تراز آب ساکن در نظر گرفته شود. هنگام احتساب پایداری قسمت بالای هر لایه از دیواره بتنی تاج، فشار بالابرنده وارد بر هر لایه یا دیواره تاج، به صورت توزیع مثلثی فرض می‌شود، به گونه‌ای که مقدار آن در پنجه عقبی برابر با صفر و در جایی که فشار بالابرنده محاسبه می‌شود، برابر با فشار موج در جلوی دیواره می‌باشد.



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.

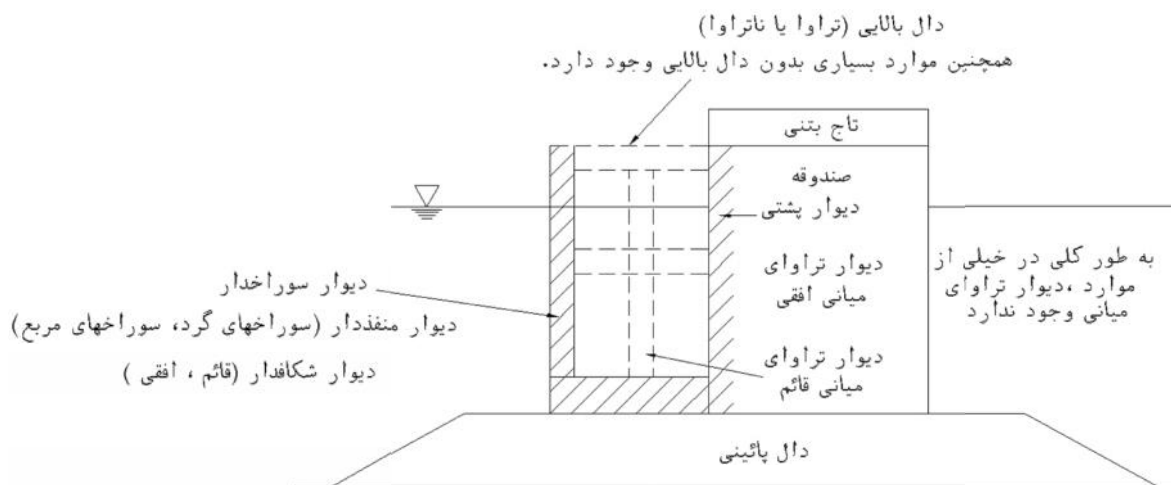
(۱) بازتاب موج را کاهش می‌دهد.

(۲) روگذری و انتقال موج را کاهش می‌دهد.

(۳) نیروهای موج را کاهش می‌دهد. به‌ویژه، 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 شکست موج ضربه‌ای بزرگی تولید می‌شود. از بین دیگر برتری‌ها می‌توان به مواردی همچون اثرات هوازیایی 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

### ۳-۲-۲-۳- 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.

### ۳-۲-۳-۳- تعیین ابعاد قسمت جذب موج

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

### نکات فنی

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

### ۲-۳-۲-۴- 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.

### ۲-۳-۲-۵- 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.

### ۲-۳-۲-۴- موج شکن صندوقه‌ای با تاج شیبدار

#### ۲-۳-۲-۴-۱- کلیات

سازه مناسب برای موج شکن 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

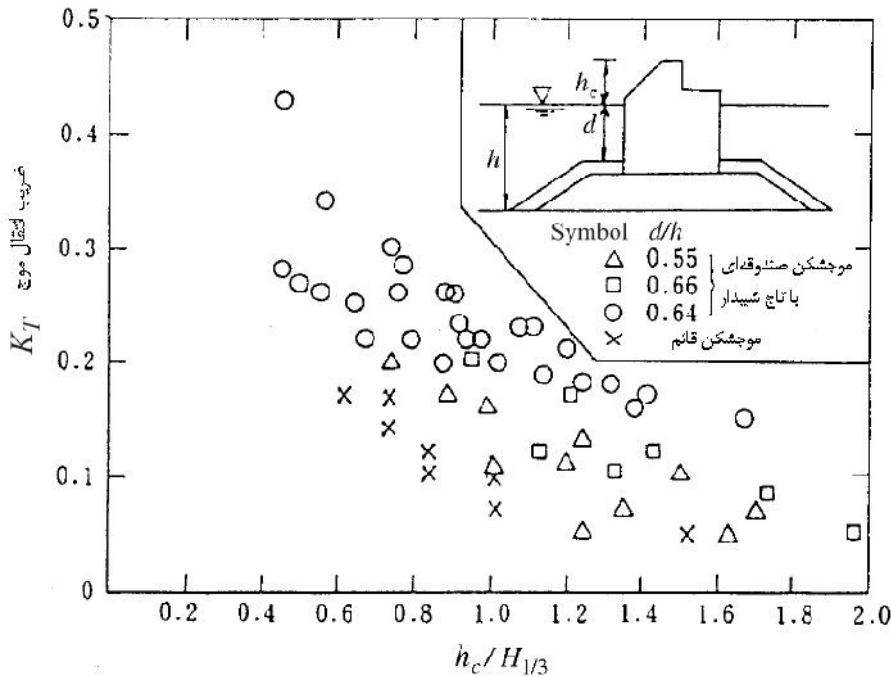
موج شکن صندوقه‌ای با تاج شیبدار، موج شکنی است که نیروی افقی موج را کوچکتر کرده و همچنین از نیروی قائم موج وارد بر قسمت تاج شیبدار برای افزایش پایداری صندوقه استفاده می‌کند. از آنجا که در این حالت انتقال موج بزرگتر از مقدار نظیر آن برای یک موج شکن قائم معمولی می‌باشد، تراز تاج را باید با دقت بیشتر و پس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

#### نکات فنی

(۱) با بیشتر شدن شیب سطح شیبدار یک موج شکن 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 موج شکن صندوقه‌ای با تاج شیبدار تقریبا معادل دو برابر ارتفاع موج انتقال یافته از روی موج شکن 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.

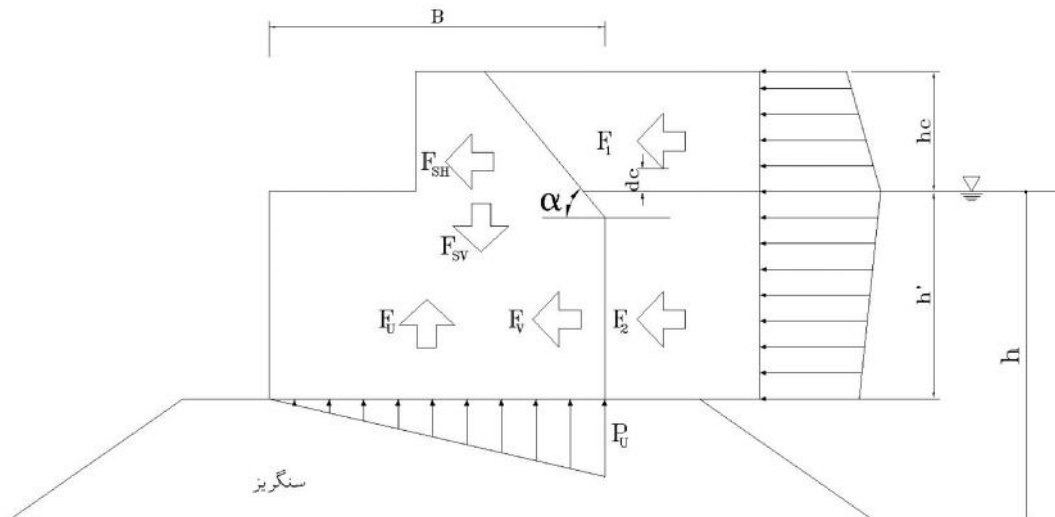
(۴) با قراردادن یک سازه سنگچین متشکل از بلوک‌های مستهلک کننده موج در مقابل بخش قائم یک موج شکن صندوقه‌ای با تاج شیبدار، نه تنها امواج بازتاب شده کاهش بیشتری خواهد یافت بلکه کل سازه پایدارتر از یک موج شکن صندوقه‌ای با تاج شیبدار معمولی خواهد شد. با این حال، بسته به تراز تاج بلوک‌های بتنی مستهلک کننده 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

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

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

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

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

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 صندوقه‌ای با تاج شیبدار که طبق رابطه

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

$\lambda_{SL}$ : ضریب اصلاحی نیروی موج وارد بر قسمت شیبدار

$\lambda_V$ : ضریب اصلاحی نیروی موج وارد بر قسمت قائم

$\alpha$ : شیب قسمت شیبدار (درجه)

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

$B$ : عرض صندوقه موج شکن صندوقه‌ای 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 می‌شود) (متر)

ضریب  $\lambda_{SL}$  در شرایط مختلف به صورت زیر تعیین می‌شود:

الف) وقتی  $H/L$  نسبتاً کوچک باشد:

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

ب) وقتی  $H/L$  بزرگ باشد:

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

پ) وقتی  $H/L$  بین دو حالت بالا باشد،  $\lambda_{SL}$  با افزایش  $H/L$  کوچکتر می‌شود.

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

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 پر بود 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 می‌شد که این روش مقداری را به دست می‌دهد که تا حدی دارای ضریب ایمنی بیشتر می‌باشد،

مگر زمانی که  $H/L$  نسبتاً کوچک باشد.

### ۳-۳- موج شکن های نوع غیر وزنی

در مورد موج شکن هایی که شکل سازه‌ای آنها متفاوت از موج شکن نوع وزنی می‌باشد، محاسبات مربوط پایداری باید

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

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

آزمایش مدل هیدرولیکی مناسب یا راهکارهای تحلیلی مناسب متناظر با مشخصه‌های سازه‌ها به دست آورد.

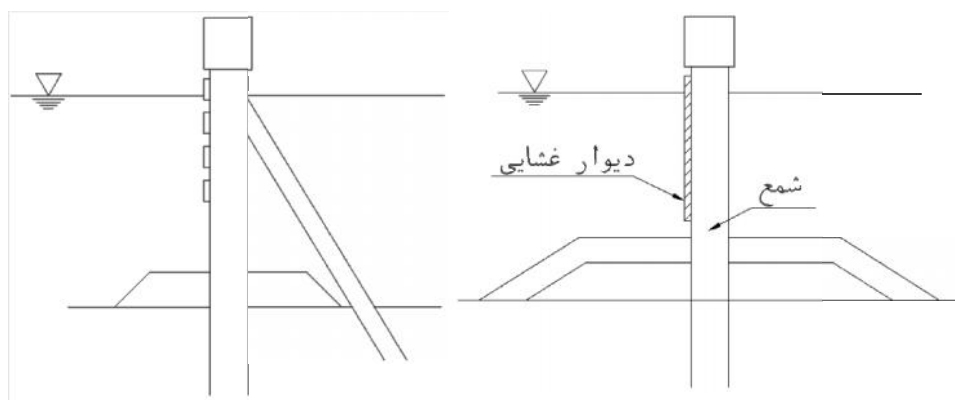
### ۳-۳-۱- موج‌شکن دیواره غشایی

#### ۳-۳-۱-۱- کلیات

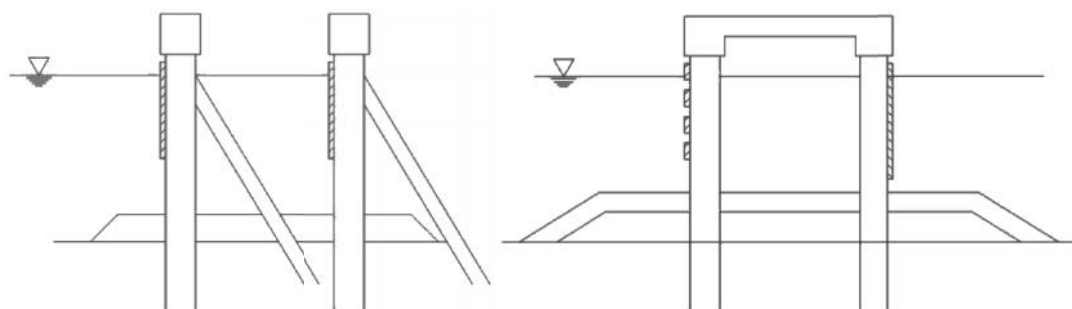
برای یک موج‌شکن دیواره غشایی، سازه مناسب را می‌توان با بررسی ضرایب انتقال و بازتاب موج انتخاب کرد و در صورت ضرورت، می‌توان ترجیحا آن را توسط آزمایش مدل هیدرولیکی طراحی نمود.

#### تفسیر

یک موج‌شکن دیواره غشایی، نوعی سازه تراوای حمایت‌شده 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 حمایت‌شده توسط شمع فولادی نیز به کار برد.



الف) دیواره غشایی نوع تک دیواره



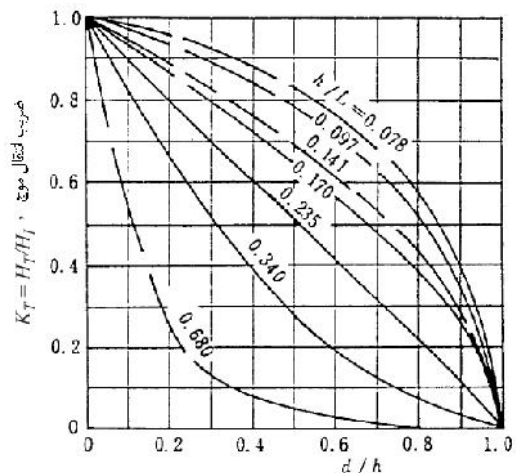
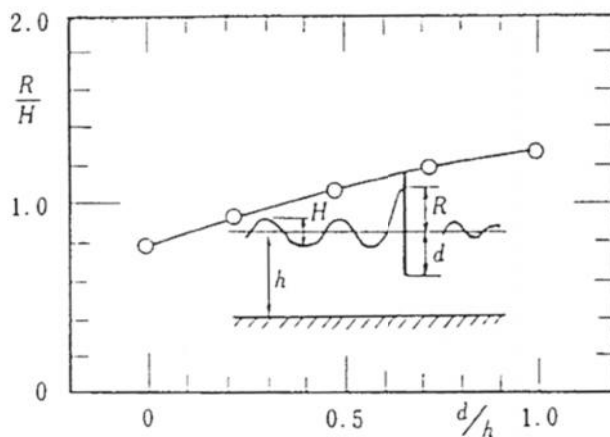
ب) دیواره غشایی نوع دیواره مضاعف

شکل ۷-۱۵- طبقه‌بندی موج‌شکن‌های دیواره غشایی

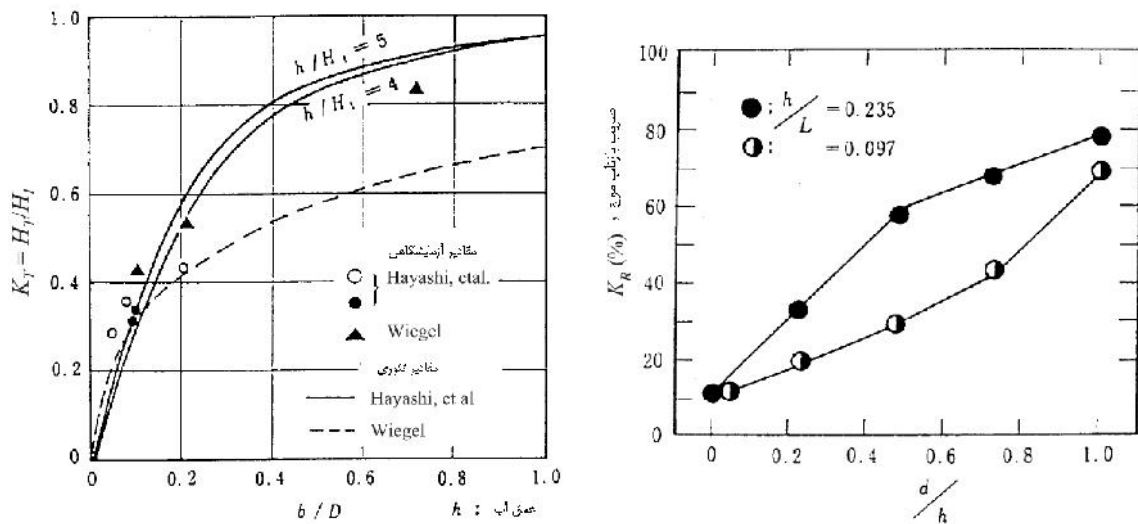
## نکات فنی

(۱) به منظور مطالعه موج شکن های دیواره غشایی، Morihira و همکاران آزمایش های مدل هیدرولیکی را با تمرکز بر روی نوع تک دیواره صلب انجام داده اند. بر اساس نتایج این مطالعه، وقتی که ضریب انتقال موج از پیش معلوم باشد، عمق کف دیواره غشایی را می توان 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 داده های آزمایشگاهی و انتخاب  $R/H = 1/25$  برای  $d/h = 1/0$  به دست آمده است و از آن نمی توان تراز تاج دیواره ای را به دست آورد که از روگذری به طور کامل جلوگیری کند. در شکل ها،  $d$  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 شمع های فولادی را با فواصل ویژه ای کوبید و در نتیجه یک موج شکن از نوع تراوا به وجود آورد. بر اساس مطالعه Hayashi و همکاران، رابطه بین ضریب انتقال موج  $K_T$  و نسبت فاصله شمع ها به قطر شمع  $b/D$  در شکل (۷-۱۹) نشان داده شده است. هر چه فاصله بین شمع ها 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 شکن ها باید توجه ویژه ای به آب شستگی زمین بین شمع ها 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

### ۳-۱-۲- 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 درزهای 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- 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- 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

جزرومدی و نیز سیار بودن آن اشاره کرد. با این حال، این گونه موج شکن ها دارای نقاط ضعفی نیز می باشند که در این زمینه می توان به مواردی همچون اجازه انتقال امواج نسبتا بزرگ، وابستگی زیاد کارایی ایجاد ناحیه امن به مشخصه های 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 طناب های مهاربندی، ممکن است صدمات ثانویه ای به دلیل حرکت و برخورد قطعات شناور ایجاد شود.

(۲) جانمایی و شکل موج شکن شناور باید به گونه ای تعیین شود که آرامش مورد نیاز فراهم گردد. هنگام تعیین این عوامل، می توان 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 می باشند.

### نکات فنی

طراحی موج شکن شناور را می توان 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 جزرومدی 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 جزرومدی و عمق آب

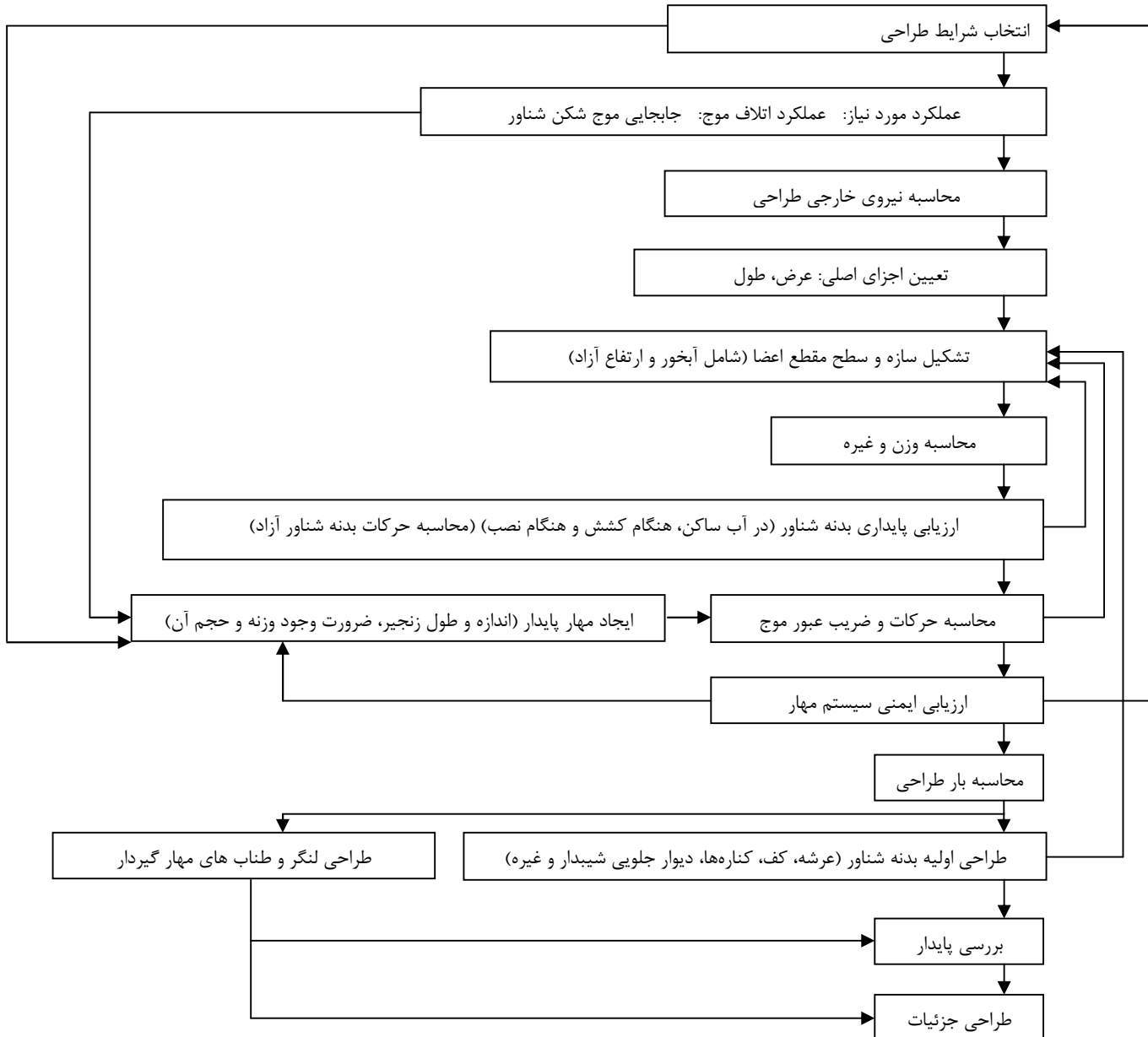
پ) جریان (سرعت و جهت جریان)

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 می‌توان به بخش ۲، بند (۸-۳) حرکات جسم شناور و نیروی مهاربندی، مراجعه کرد.

#### تفسیر

(۱) مسائل مرتبط با طراحی مهاربندی را می‌توان به دو مرحله تقسیم‌بندی کرد:

(الف) مرحله اول: در این مرحله نیروهای کششی که به طناب‌های مهاربندی وارد خواهد شد و لنگرهای وزنی از راه تحلیل‌های 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 جزئیات طناب‌های مهاربندی و لنگرهای وزنی انجام شده و پایداری سازه بر اساس نیروهای کششی و دیگر یافته‌های مرحله اول، مورد تایید قرار می‌گیرد.

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

(۳) لنگر مهاربندی باید به گونه‌ای طراحی شود که مقاومت‌های افقی و قائم آن به ترتیب از نیروهای افقی و قائم وارد بر آن بزرگتر باشد.

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

(الف) روش‌های تحلیل این عوامل بر اساس مشخصه‌های مهاربندی استاتیکی

(ب) روش‌های تحلیل این عوامل بر اساس ویژگی‌های پاسخ دینامیکی طناب‌های مهاربندی

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

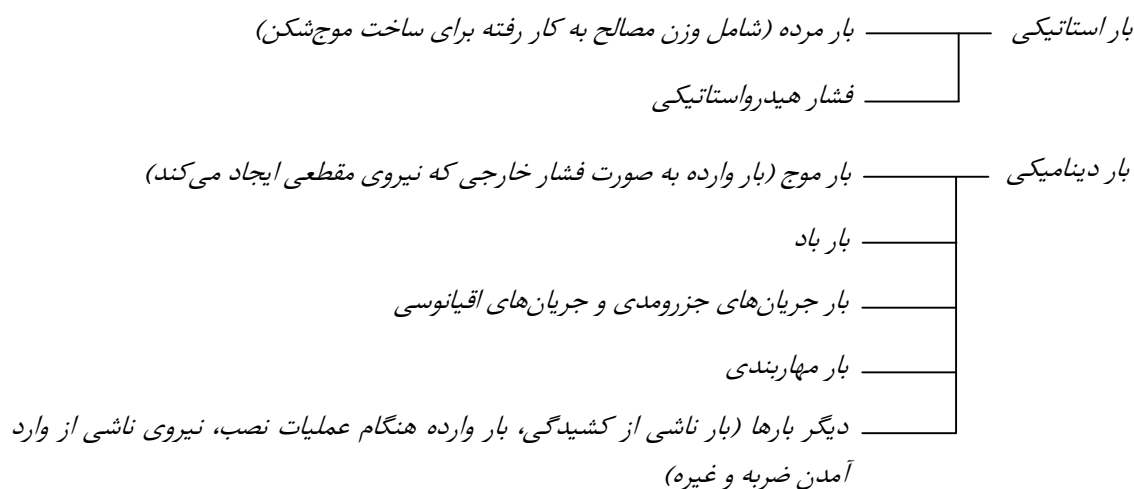
### ۳-۳-۲-۴- طراحی سازه جسم شناور

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

#### تفسیر

(۱) هنگام انتخاب کیفیت مصالح اعضای سازه‌ای موج‌شکن شناور، ضروری است مشخصه‌های مصالح و هزینه‌ها به طور دقیق مورد بررسی قرار گیرند.

(۲) بارهایی که باید از دیدگاه مقاومت سازه‌ای موج‌شکن شناور در نظر گرفته شوند، به دو نوع بار استاتیکی و بار دینامیکی به شرح زیر تقسیم می‌شود:



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 جزرومدی 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

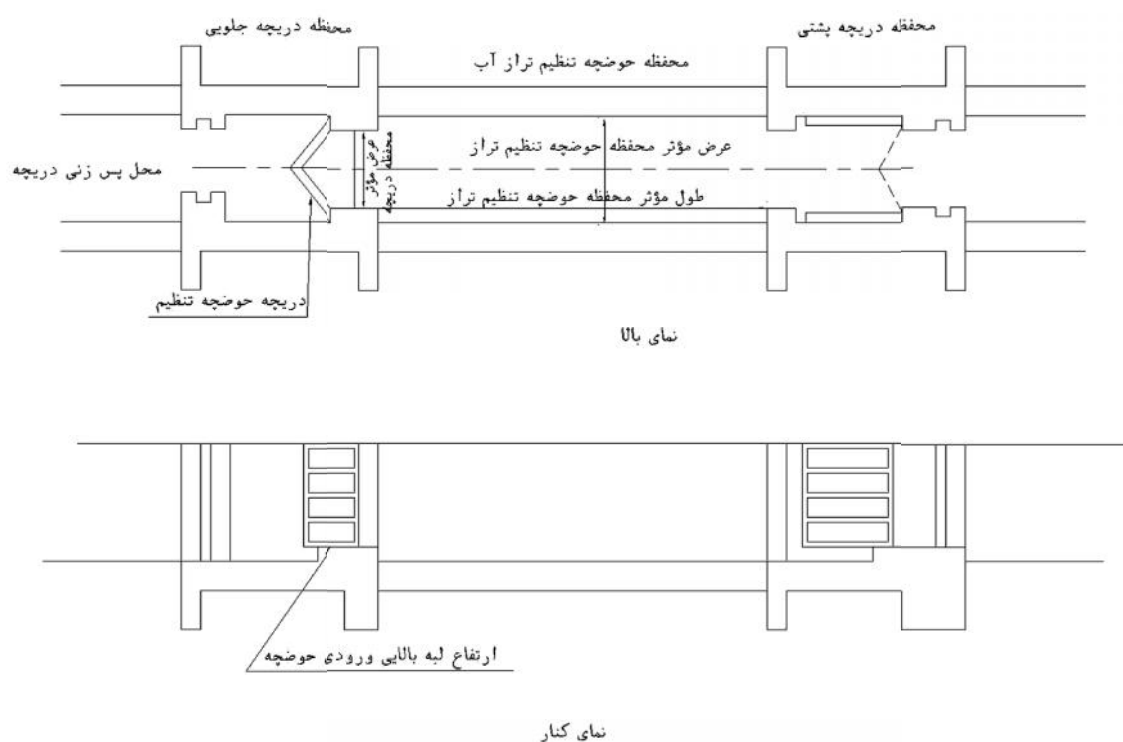
(۱) اسامی قسمت‌های مختلف یک حوضچه تنظیم تراز آب در شکل (۷-۲۱) نشان داده شده است.

(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 موثر: ۰/۲ تا ۱/۰ متر

رواداری عرض موثر: ۰/۲ تا ۱/۲ متر

رواداری طول موثر: ۳ تا ۱۰ متر



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

#### ۴-۳- انتخاب نوع سازه‌ای

##### ۴-۳-۱- دریاچه

دریاچه‌های 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. دریاچه‌ها باید شرایط لازم زیر را برآورده کنند:

(۱) سازه اصلی دریاچه، تکیه‌گاه‌های دریاچه 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) دریاچه‌ها باید آب‌بند باشد.

۳) دریچه ها باید عملکردی روان و مطمئن داشته باشد.

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

#### نکات فنی

دریچه های به کار رفته برای حوضچه های تنظیم تراز آب باید در برابر خوردگی و فرسایش اعضای سازه ای 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 سرویس دهی 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

محفظه های دریچه و محفظه حوضچه تنظیم باید دارای ساختاری مقاوم در برابر نیروی عکس العمل شالوده، بار مرده دیوارهای جانبی و دال کف، وزن دریچه و نیروی ضربه ای شناورها باشد.

#### نکات فنی

هنگام طراحی محفظه های دریچه و محفظه های حوضچه تنظیم تراز آب، باید بار مرده تاسیسات جانبی همچون اتاق عملیات و اتاق 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 گونه ای 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

حوضچه های 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 پدیده‌هایی که سبب کم عمقی می‌شود، به دست آورد. پس از در نظر گرفتن اثرات مختلف ناشی از کارهای پیشگیری از کم عمقی و هزینه‌های اجرایی و بهره‌برداری آنها، باید اقدامات پیشگیرانه مناسبی به کار برده شود.

### تفسیر

کم عمقی به پدیده کم شدن عمق حوضچه‌ها و کانال گفته می‌شود که علت آن ورود و پر شدن قسمت‌های داخلی بندر همچون کانال ناوبری و ناحیه لنگراندازی توسط رسوبات ناشی از ماسه‌های بادرقتی، آورد رسوبی رودخانه‌ها و رانه ساحلی می‌باشد. پدیده فرونشست و ته‌نشینی رسوبات که با کم شدن عمق آب همراه است، سبب مختل شدن کارکردهای مختلف بندر می‌شود. همچنین این امکان نیز وجود دارد که بدون آنکه حجم خالص رسوبات بستر کم یا زیاد شود، ایجاد امواج ماسه‌ای و یا گسیختگی شانه‌های شیبدار یک کانال ناوبری لایروبی شده، عمق کانال ناوبری به طور موضعی کمتر از عمق مورد نیاز شود. رسوب‌گذاری به پدیده کم عمقی ناشی از ته‌نشینی لای یا دیگر رسوبات ریزدانه گفته می‌شود.

کم عمقی به دلایل زیر رخ می‌دهد:

(الف) ورود و ته‌نشینی رانه ساحلی (ناشی از امواج یا جریان‌ها)

(ب) فرونشست و ته‌نشینی آورد رسوبی رودخانه‌ها

(پ) ته‌نشینی و رسوب‌گذاری ماسه‌های بادرقتی

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

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

## ۵-۲- دستک

### ۵-۲-۱- جانمایی دستک

(۱) موقعیت دستک را باید با در نظر گرفتن مشخصه‌های انتقال رسوبات به گونه‌ای 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 می‌گیرد. در ناحیه فراساحل، دستک به گونه‌ای قرار داده می‌شود 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 ناوبری درون یک لنگرگاه نیاز به دستک باشد، انتخاب موقعیت آن باید با توجه به شرایط طبیعی صورت گیرد.

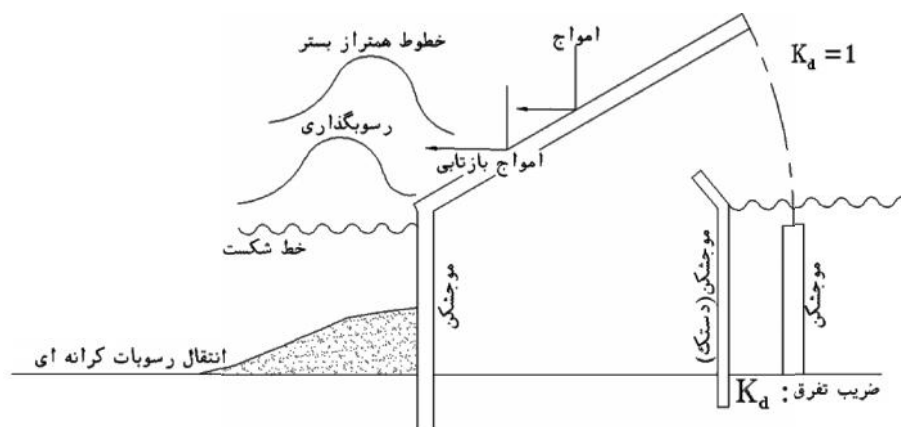
### تفسیر

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 عمومی تر آنها مدنظر قرار گرفته و به آنها موج‌شکن گفته می‌شود، مگر زمانی که عملکرد آنها به عنوان یک دستک غالب تر باشد.

### نکات فنی

#### (۱) جانمایی موج‌شکن‌های بالادست

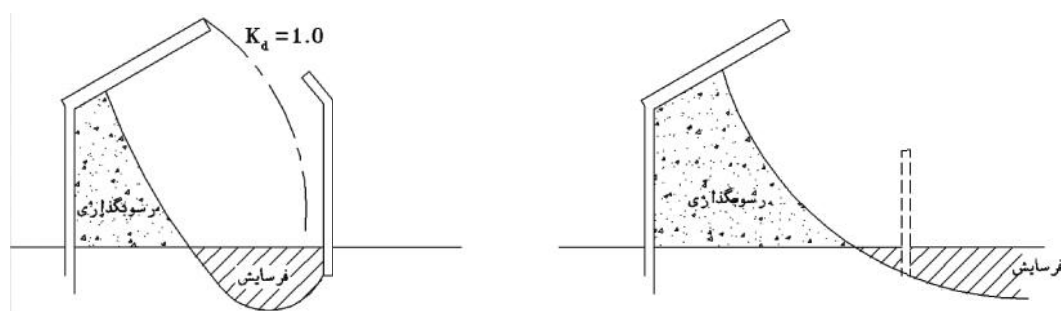
موج‌شکن بالادست باید در راستای عمود بر خط ساحل در ناحیه شکست موج امتداد داده شود، به گونه‌ای که سبب به تله انداختن و رسوب‌گذاری رانه ساحلی در بالادست موج‌شکن شود (به شکل (۷-۲۲) مراجعه شود). وقتی میزان پیشروی کم باشد یا به طور اریب نسبت به خط ساحلی رو به سمت پایین دست باشد، کارایی تله‌اندازی رسوبات در 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 پایین دست 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 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 آب‌شستگی 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 کششی رودخانه در طول دوره‌های پر آبی و خشکسالی، جانمایی شود.

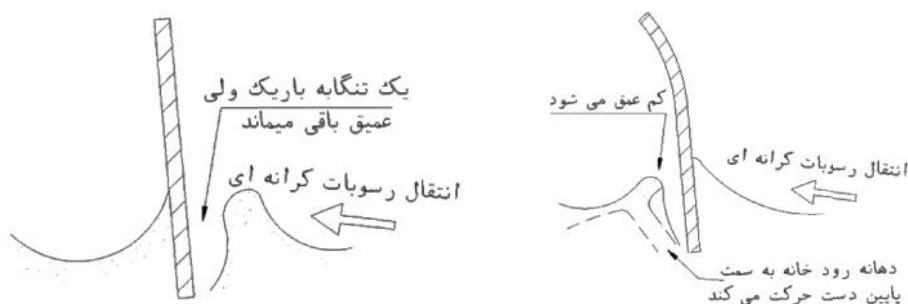
#### نکات فنی

##### ۱) کارکردهای چندگانه دستک هدایت کننده دهانه رودخانه

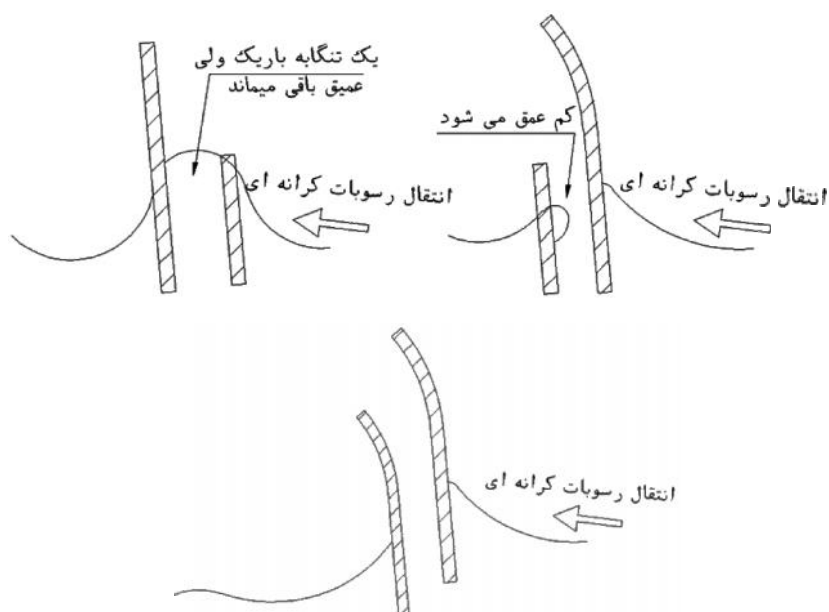
دستک هدایت کننده دهانه رودخانه باید مشابه آب شکن دارای کارکرد جلوگیری از انتقال رسوبات موازی ساحل باشد. علاوه بر کارکرد مذکور، این دستک هدایت کننده باید مسیر آبی رودخانه را با هدایت جریان رودخانه، پایدار ساخته و با افزایش نیروی کششی جریان رودخانه، عمق آب را در تراز مناسب نگه دارد، و هم‌زمان توانایی تخلیه جریان در دوره‌های پرآبی 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 ۷-۲۴-۷- 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 ناوربری 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 سازه‌های ناتراوا بوده و به گونه‌ای ساخته شود که پایداری سازه‌های 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 انتهای 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 لایروبی موجود باشد و ناحیه لایروبی باید به قدر کافی آرام باشد تا کارهای لایروبی به آسانی انجام شود.

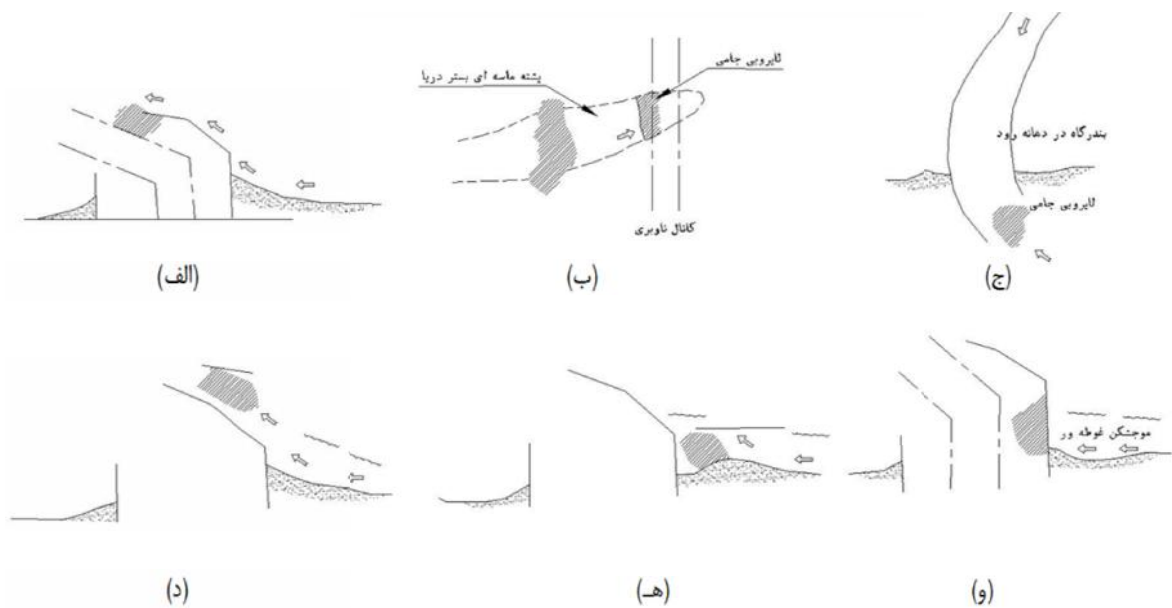
## ۵-۶- اقدامات پیشگیرانه در برابر ماسه بادرفتی

### 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 رویاز 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

معمولا 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 ماسه‌های سطحی، حصارهای کوتاه چندگانه نصب می‌شود که سبب افزایش زبری سطح زمین و کاهش نیروی برشی باد می‌گردد.

## ۳) کارهای پوششی

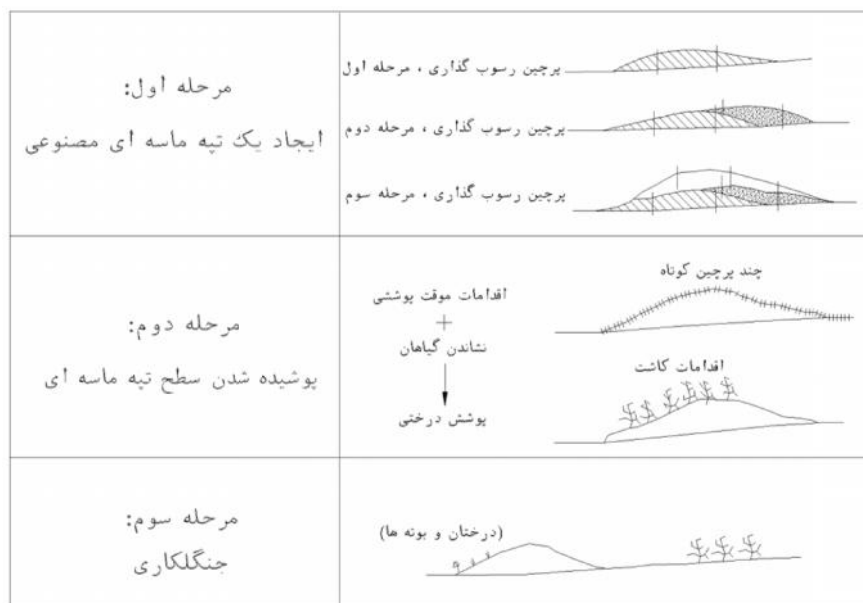
در این روش سطح ماسه‌ای توسط مصالح مصنوعی پوشانده شده و در نتیجه جابجایی ماسه را محدود می‌سازد.

## ۴) کارهای پوشش گیاهی

در این روش سطح ماسه‌ای با کاشت گیاه پوشانده می‌شود. این روش به عنوان یکی از کارهای پوششی در نظر گرفته می‌شود.

## ۵) جنگل کاری

در این روش در پایین دست مکان انباشت ماسه بادرفتی درخت کاری شده که از انتقال ماسه بادرفتی پیشگیری می‌کند. اقدامات پیشگیرانه در برابر ماسه بادرفتی که به عنوان کنترل فرسایش ساحلی به کار می‌روند و هدف آنها پایداری شکل سواحل ماسه‌ای می‌باشد را باید به صورت ترکیبی از روش‌های گوناگون به کار گرفت. این مراحل و روش‌ها به طور کلی در شکل (۷-۲۶) نشان داده شده است.



شکل ۷-۲۶- گام‌های 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 جزرومدی، جریان جزرومدی، 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 سبب 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 به درون 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 داریسی استفاده شود.

الف) تراوایی سازه دیوار سپری فولادی

تراوایی سازه دیوار سپری فولادی را نمی‌توان از قانون داریسی 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 داریسی برای آن قابل کاربرد است، می‌باشد. نتایج به دست آمده برای ضریب تراوایی (ضریب معادل تراوایی) در محدوده  $3 \times 10^{-5}$  تا  $1 \times 10^{-5}$  بوده و نتایج تحلیل‌های مشابهی که برای دو نمونه دیواره اسکله نوع شمع لوله فولادی (با قطر تقریبی ۸۰ سانتی‌متر) به کار رفته، مقدار  $6 \times 10^{-5}$  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:

$$q = K \cdot h^n \quad (1-6)$$

که در آن:

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

$h$ : 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 جزرومدی 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, NorioTANAKA, 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 prevension 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 permability 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).
- 35-“Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan” , Port and Harbour Research Institute , Ministry of Transport, Tokyo, Japan,1999.







## **Abstract**

This volume, which is the 7<sup>th</sup> part of the Coastal Structures Design Manual, shall be applied to design of protective facilities for harbors such as breakwaters, jetties, seawalls, sluices, locks, revetments, levees, groins and parapets and required consideration, reviewed in six chapters.

The first chapter, General, mentions general consideration for protective facilities and their effects on the beaches after the construction. The second chapter, Breakwaters, includes layout of breakwaters, design conditions of breakwaters, selection of structural types, determination of cross section, external forces for stability calculation, stability calculation, details of structures for upright breakwater, composite breakwater, sloping breakwater and caisson type breakwater covered with wave-dissipating concrete blocks, detailed design of upright section, breakwaters for timber-handling facilities, storm surge protection breakwater and tsunami protection breakwater. The third chapter, Other Types of Breakwaters, mentions selection of structural type, gravity type special breakwaters, upright wave-absorbing block breakwater, wave-absorbing caisson breakwater, sloping-top caisson breakwater, non-gravity type breakwaters, curtain wall breakwater and floating breakwater. The fourth chapter, Locks, discusses selection of location, size and layout of lock, selection of structural type, external forces and loads acting on lock, pumping and drainage system and auxiliary facilities. The fifth chapter, Facilities to prevent shoaling and siltation, mentions layout of jetty, details of jetty, group of groins, training jetties, facilities to trap littoral transport and sediment flowing out of rivers and countermeasures against wind-blown sand. Finally the sixth chapter, Revetment, discusses principle of design, design conditions, structural stability and determination of cross section.





**Islamic Republic of Iran**  
**Vice presidency for Strategic Planning and Supervision**

# **Coastal Structures**

## **Design Manual**

### **Part 7: Protective Facilities**

### **for Harbors**

**No. 636**

Vice presidency for Strategic Planning and  
Supervision  
Office of Deputy for Strategic Supervision  
Department of Technical Affairs  
Nezamfanni.ir

Ministry of Road and Urban Development  
Port and Maritime Organization  
Deputy of Development and Equipping of Ports  
Department of Coasts and Ports Engineering  
<http://coastseng.pmo.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 لازم است از این نشریه به عنوان دستورالعمل در طراحی سازه‌های ساحلی استفاده نمایند.