بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه تربیت مدرّس

دانشکده فنی و مهندسی

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی عمران–سازه‌های دریایی

بهینه سازی هندسه موج‌شکن شناور پانتونی برای افزایش راندمان

نگارنده:

هادی خلیلی

استاد راهنما:

دکتر مهدی شفیعی‌فر

بهار ۱۳۸۹

تقدیم

تقدیم به مادر مهربان

و

پدر فداکارم

که در تمام شرایط زندگی

مشوق و یاور من بودند

تشکر و قدردانی

سپاس خدایی را که انسان را آفرید و به او آنچه را که نمی‌دانست آموخت.
اکنون که این تحقیق به سرانجام رسیده است بر خود واجب می‌دانم که از زحمات فراوان و راهنمایی-های ارزشمند استاد مهربان و عزیزم، جناب آقای دکتر شفیعی‌فر کمال تشکر را داشته باشم.
در ضمن از تمامی دوستانی که در انجام این تحقیق مرا یاری کردند، سپاسگزارم.

چکیده

در سالیان اخیر موج‌شکن‌های شناور بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند و کاربرد آن‌ها افزایش یافته است. موج‌شکن‌های شناور برای ایجاد یک محیط بندری آرام بصورت دائم یا موقت بکار می‌روند، این موج‌شکن-ها در کارهای دریایی، عملیات نظامی، فعالیت های شیلاتی، بنادر تفریحی و ماهیگیری استفاده فراوان دارند. شناورهای متشکل از پانتون‌ها دارای کاربردهای بسیاری از جمله اسکله‌های شناور، موج‌شکن‌های شناور، پل‌های شناور و... می‌باشند.

مهمترین وظیفه یک موج‌شکن شناور پانتونی(همانند سایر موج‌شکن‌ها)، کاهش ارتفاع امواج در داخل بندر و ایجاد یک ناحیه حفاظت شده است. انتقال انرژی موج تابشی از موج‌شکن شناور موجب ایجاد موج عبور کرده در پشت سازه می شود. ضریب عبور موج عبارتست از نسبت ارتفاع موج عبور کرده از موج-شکن شناور به ارتفاع موج تابشی. راندمان موج‌شکن شناور که میزان کارایی موج‌شکن را نشان می‌دهد بصورت یک منهای ضریب عبور موج تعریف می‌شود.

در این پایان‌نامه بهینه سازی هندسه موج‌شکن شناور برای افزایش راندمان مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته است. در این تحقیق، ابتدا یک سطح یکپارچه شناور پانتونی مورد بررسی قرار گرفته است و حساسیت ضریب عبور موج به مقادیر مختلف عرض و آبخور موج‌شکن شناور، پریود موج تابشی، طیف موج تابشی و پیش کشیدگی مهارها مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به تحلیل‌های انجام شده توسط نرم‌افزار MOSES و نتایج بدست آمده معلوم شد که مقدار ابعاد موج‌شکن شناور از جمله عرض و آبخور، میزان پیش‌کشیدگی مهارها و پریود موج تابشی تاثیر بسزایی در میزان ضریب عبور موج از موج-شکن شناور دارند. سپس به بررسی عملکرد موج‌شکن شناور با سطح مقطع‌های گوناگون پرداخته شده است. بدین منظور ۹ هندسه مختلف برای سطح مقطع در نظر گرفته شده است و ضریب عبور موج برای هر یک از آن‌ها محاسبه شده است که نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که موج‌شکن شناور پانتونی با سطح مقطع مستطیل بهترین عملکرد را دارد. پس از انجام این مرحله به بهینه‌سازی هندسه موج‌شکن شناور پانتونی برای افزایش راندمان پرداخته شده است. هدف از بهینه‌سازی کمینه کردن میزان عبور موج از موج‌شکن(افزایش راندمان موج‌شکن شناور پانتونی) و رساندن آن به حد مطلوب است. متغیرهای بهینه‌سازی در این پایان‌نامه ابعاد موج‌شکن شناور(عرض، ارتفاع و آبخور موج‌شکن) و مشخصات سیستم مهاربندی(طول، قطر و پیش‌کشیدگی مهارها) می‌باشد. برای بدست آوردن هندسه بهینه موج‌شکن شناور از روش الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. برای استفاده از روش الگوریتم ژنتیک در بهینه‌سازی، از نرم-افزار MATLAB نسخه ۷,۹ استفاده شده است.

کلید واژه: موج‌شکن شناور پانتونی، ضریب عبور موج، راندمان، نرم‌افزار MOSES، بهینه‌سازی شکل هندسی، الگوریتم ژنتیک، نرم‌افزار MATLAB.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست علایم و نشانه‌ها ..... ه
فهرست جدول‌ها ..... و
فهرست شکل‌ها ..... ز

فصل ۱- کلیات ۱

۱-۱- مقدمه ۱
۱-۲- تاریخچه ۲
۱-۳- انواع موج شکن های شناور ۵
۱-۳-۱- موج شکن های Centerboard ۵
۱-۳-۱-۱- موج شکن هایA-frame ۵
۱-۳-۱-۲- موج شکن های کیسونی (صندوقهای) ٦
۱-۳-۱-۳- Thin Plate ۷
۱-۳-۲- موج شکن های پانتونی ۷
۱-۳-۲-۱- فواید موجشکنهای پانتونی ۸
۱-۳-۲-۲- آشنایی با انواع شناورهای پانتونی ۸
۱-۳-۳- موج شکن های ساخته شده از تایرهای شناور ۹
۱-۳-٤- موج شکن های چوبی ۱۰
۱-۳-۵- موج شکن های شیب دار ۱۰
۱-٤- تحقیقات و فعالیتهای انجام شده ۱۱
۱-٤-۱- آنالیز هیدرواستاتیکی و هیدرودینامیکی ۱۱
۱-٤-۲- بررسی حرکات و پاسخ های اجسام شناور ۱۲
۱-٤-۳- بررسی تاثیر پارامتر های مختلف در عملکرد موجشکنهای شناور ۱۲
۱-٤-٤- بررسی تاثیر مهاربندی بر عملکرد موجشکن شناور ۱۳
۱-٤-۵- بررسی انواع اتصالات بین ماژول های شناور و عملکرد اتصالات ۱۳
۱-٤-٦- بررسی راندمان موجشکن شناور ۱۳
۱-٤-۷- بهینه سازی موجشکن شناور ۱٦
۱-۵- ضرورت انجام تحقیق ۱٦
۱-٦- هدف پژوهش حاضر ۱۷
۱-۷- روش انجام تحقیق ۱۷

۱-۸- خلاصه فصول پایان نامه ۱۷

فصل ۲- هیدرودینامیک موج شکن شناور ۱۹

۲-۱- مسائل هیدروستاتیکی ۱۹

۲-۲- مبانی تحلیل هیدرودینامیکی سازه های شناور ۱۹

۲-۲-۱- نیروی ناشی از موج ۱۹

۲-۲-۱-۱- معادله موریسون ۲۰

۲-۲-۱-۲- تئوری تفرق ۲۱

۲-۳- تحلیل موجشکن های شناور ۲۵

۲-۳-۱- تحلیل در دامنه ی فرکانس و معادلات حرکت ۲۵

۲-۳-۱-۱- تحلیل طیفی ۲۷

۲-۳-۱-۲- طیف موج انتخابی برای امواج نامنظم دریا در تحلیل طیفی ۲۸

۲-۳-۲- تحلیل در دامنه ی زمان ۲۹

۲-٤- حرکات موج شکن ۳۰

۲-۵- عملکرد موجشکن شناور در کنترل موج ۳۱

۲-۵-۱- کنترل موج توسط استهلاک انرژی ۳۲

۲-۵-۲- کنترل موج توسط اندرکنش فازی ۳۲

۲-٦- ضریب عبور موج ۳۲

۲-۷- سیستم مهاربندی ۳۵

۲-۷-۱- مقدمه ۳۵

۲-۷-۲- مشخصات مهاربندها ۳٦

۲-۷-۲-۱- انواع مهاربندی به کف دریا ۳٦

۲-۷-۲-۲- جنس مهاربندها ۳٦

۲-۷-۲-۳ استاتیک سیستم مهاربندی ۳٦

۲-۷-۲-٤- تحلیل مهاربندها ۳۸

فصل ۳- معرفی نرم افزار ۳۹

۳-۱- مراحل حل مسئله در Moses ۳۹

۳-۲- معادلات حاکم و نحوه حل آنها در نرم افزار ٤۰

۳-۲-۱- درجات آزادی تعمیم یافته ٤۱

۳-۲-۲- معادلات اصلی حرکت ٤۲

۳-۲-۲-۱- فرآیند انجام تحلیل در دامنه زمان ٤٤

۳-۳- نحوه ساخت مدل ٤۵

٣-٤- ارزیابی عملکرد صحیح با نرم افزار ٤٦

فصل ٤- تاثیر پارامترهای مختلف بر راندمان موجشکن شناور پانتونی ٥١

٤-١- مقدمه ٥١

٤-٢- بررسی تاثیر عرض موجشکن شناور پانتونی بر روی ضریب عبور موج ٥١

٤-٢-١- شرایط محیطی در بررسی تاثیر عرض موجشکن بر روی ضریب عبور موج ٥٢

٤-٢-٢- ضریب عبور موج برای عرضهای مختلف موجشکن شناور ٥٢

٤-٣- بررسی تاثیر آبخور موجشکن شناور پانتونی بر روی ضریب عبور موج ٥٥

٤-٤- بررسی تاثیر پریود موج برخوردی بر روی ضریب عبور موج ٥٨

٤-٥- تاثیر تیزی موج بر روی ضریب عبور موج ٦٠

٤-٦- بررسی تاثیر عمق آب بر روی ضریب عبور موج ٦٢

٤-٧- بررسی تاثیر طیف موج برخوردی بر روی ضریب عبور موج ٦٥

٤-٨- بررسی تاثیر مهاربندی بر ضریب عبور موج ٦٧

٤-٩- بررسی عملکرد موجشکن شناور با سطح مقطعهای گوناگون ٧٠

فصل ٥- بهینه سازی هندسه موجشکن شناور برای افزایش راندمان ٧٤

٥-١- مقدمه ٧٤

٥-٢- تعریف مساله ٧٤

٥-٢-١- متغیرهای مساله بهینه یابی ٧٥

٥-٢-٢- تابع هدف ٧٥

٥-٢-٣- قیدهای مساله ٧٦

٥-٢-٤- تابع جریمه ٧٧

٥-٢-٥- تابع شایستگی ٧٧

٥-٣- جزییات الگوریتم مورد استفاده ٧٨

٥-٣-١- روند اجرای الگوریتم ٧٨

٥-٣-٢- رمزگذاری متغیرها ٨٠

٥-٣-٣- رمزگشایی متغیرها ٨٠

٥-٣-٤- محاسبه ارتفاع موج عبوری ٨٠

٥-٣-٥- تابع شاستگی ٨٠

٥-٣-٦- انتخاب ٨٠

٥-٣-٧- عملگر پیوند ٨١

٥-٣-٨- عملگر جهش ٨١

۵-۳-۹- فرزندان نخبه ۸۱
۵-٤- نتایج بهینه سازی در تعیین هندسه بهینه موجشکن شناور ۸۲
5-4-1- متغیرهای بهینه سازی ۸۲
۵-٤-۲- پارامترهای اولیه ی الگوریتم ۸۳
۵-٤-۳- نتایج اجرای الگوریتم ۸٤
فصل ٦- جمع بندی و نتیجه گیری ۸۵
٦-۱- تاثیر پارامترهای مختلف بر راندمان موجشکن شناور پانتونی ۸۵
٦-۲- بهینه سازی هندسه موجشکن شناور پانتونی ۸٦
٦-۳- پیشنهادات ۸٦
پیوست ۸۷
مقدمه ۸۷
زمینه تاریخی ۸۸
چارچوب کلی یک GA ۸۸
توابع رمزگذار و رمزگشا ۹۰
تابع رمزگذار ۹۰
تابع رمزگشا ۹۰
برخی از انواع رمزگذاری های معروف ۹۱
رمزگذاری دودویی ۹۱
تابع هدف ۹۲
تابع جریمه ۹۳
عملگرهای GA ۹٤
عملگر انتخاب ۹٤
عملگر پیوند ۹۵
عملگر جهش ۹٦
نخبه گرایی ۹۷
فهرست مراجع ۹۸

فهرست علایم و نشانه‌ها

عنوان	علامت اختصاری
عدد کولیگان کارپنتر	Kc
ارتفاع موج	H
پریود موج	T
طول موج	L
عمق آب	d
شتاب ثقل	g
عدد موج	k
فرکانس زاویه ای موج	ω
فاصله در راستای موج از مبدأ	x
فاصله از سطح آب(فاصله در راستای قائم از مبدأ)	z
زمان	t
تابع پتانسیل	φ
سرعت انتقال موج	c
پروفیل سطح آب	η
سرعت ذرات آب در راستای موج	U
سرعت ذرات آب در راستای قائم	W
شتاب ذرات آب در راستای موج	$\partial U / \partial t$
شتاب ذرات آب در راستای قائم	$\partial W / \partial t$
فشار آب	P
چگالی آب	ρ
نیروی موج	F
ماتریس جرم	M
ماتریس سختی	K
ماتریس میرایی	C

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱ : تفاوت های دو روش تحلیل در دامنه ی فرکانس و زمان ۳۰

جدول ۳-۱ : نتایج خروجی نرم افزار و نتایج مرجع [۲۰] و میزان درصد خطا ٤۷

جدول ۳-۱ : نتایج خروجی نرم افزار و نتایج مرجع [۲۳] و میزان درصد خطا ۵۰

جدول ٤-۱ : مقادیر طول موج و نسبت آبخور به عمق موج شکن برای عمق های مختلف آب ٦۳

جدول ٤-۲ : میزان ضریب عبور موج برای موجشکنهای شناور پانتونی با سطح مقطع های مختلف ۷۳

جدول ۵-۱ : **شرایط محیطی منطقه مورد نظر** ۸۲

جدول ۵-۲ : **متغیرهای شکل هندسی و سیستم مهاربندی موجشکن شناور** ۸۳

جدول ۵-۳ : **مقادیر نهایی متغیرهای طرح بهینه** ۸٤

جدول ۵-٤ : میزان ضریب عبور موج و راندمان موج شکن شناور برای طرح بهینه ۸٤

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱ : موج شکن Bombarden ۳
شکل ۱-۲ : استفاده از موج شکن شناور در بنادر تفریحی ۵
شکل ۱-۳ : موج شکن A-frame ٦
شکل ۱-٤ : موج شکن پانتونی ۷
شکل ۱-۵ : نمونهای از یک پانتون بزرگ منفرد ۸
شکل ۱-٦ : شناور چند پانتونی با اتصالات صلب ۹
شکل ۱-۷ : موج شکن شناور کاتاماران ۹
شکل ۱-۸ : موج شکن شناور تایر لاستیکی ۱۰
شکل ۱-۹ : موج شکن شناور چوبی ۱۰
شکل ۱-۱۰ : موج شکن شناور شیب دار ۱۱
شکل ۲-۱ : تعریف شرایط مرزی در تئوری تفرق ۲۲
شکل ۲-۲ : شکل طیفهای جانسواپ و پیرسون موسکویچ ۲۹
شکل ۲-۳ : درجات آزادی یک جسم شناور ۳۰
شکل ۲-٤ : انتقال انرژی از موج شکن شناور ۳۳
شکل ۲-۵ : المان یک خط مهار ۳۷
شکل ۳-۱ : سیستم مختصات محلی و کلی و جهات موجهای برخوردی در Moses ٤۰
شکل ۳-۲ : موجشکن مورد استفاده در مرجع [۲۰] ٤۸
شکل ۳-۳ : مقایسه نتایج نرم افزار با مرجع [۲۰] (پریود موج ۲ ثانیه و عرض موج شکن ۲/٤ متر) ٤۸
شکل ۳-٤ : مقایسه نتایج نرم افزار با مرجع [۲۰] (پریود موج ۳ ثانیه و عرض موج شکن ٤/۸ متر) ٤۹
شکل ٤-۱ : نمایی از موج شکن شناور و نقطه مرجع ۵۱
شکل ٤-۲ : تاثیر عرض سازه بر میزان عبور موج ۵۳
شکل ٤-۳ : ارتفاع موج عبوری برای پریود ۳ ثانیه و عرضهای مختلف ۵۳
شکل ٤-٤ : ارتفاع موج عبوری برای پریود ٤ ثانیه و عرضهای مختلف ۵۳
شکل ٤-۵ : ارتفاع موج عبوری برای پریود ۵ ثانیه و عرضهای مختلف ۵٤
شکل ٤-٦ : ارتفاع موج عبوری برای پریود ٦ ثانیه و عرضهای مختلف ۵٤
شکل ٤-۷ : طیف پاسخ Heave موجشکن شناور برای عرضهای مختلف ۵٤

شکل ٤-٨ : ضریب عبور موج برای عرض ٢/٥ متر و آبخورهای مختلف ٥٦
شکل ٤-٩ : ضریب عبور موج برای عرض ٥ متر و آبخورهای مختلف ٥٦
شکل ٤-١٠ : ضریب عبور موج برای عرض ٧/٥ متر و آبخورهای مختلف ٥٦
شکل ٤-١١ : ضریب عبور موج برای عرض ١٠ متر و آبخورهای مختلف ٥٧
شکل ٤-١٢ : طیف پاسخ Heave موجشکن شناور برای آبخورهای مختلف ٥٧
شکل ٤-١٣ : طیف پاسخ Heave موجشکن شناور ٥٩
شکل ٤-١٤ : ارتفاع موج عبوری برای عرض ٢/٥ متر و پریودهای مختلف ٥٩
شکل ٤-١٥ : ارتفاع موج عبوری برای عرض ٥ متر و پریودهای مختلف ٥٩
شکل ٤-١٦ : ارتفاع موج عبوری برای عرض ٧/٥ متر و پریودهای مختلف ٦٠
شکل ٤-١٧ : ارتفاع موج عبوری برای عرض ١٠ متر و پریودهای مختلف ٦٠
شکل ٤-١٨ : ضریب عبور موج برای عرض ٢/٥ متر و عمق های مختلف ٦٣
شکل ٤-١٩ : ضریب عبور موج برای عرض ٥ متر و عمق های مختلف ٦٤
شکل ٤-٢٠ : ضریب عبور موج برای عرض ٧/٥ متر و عمق های مختلف ٦٤
شکل ٤-٢١ : ضریب عبور موج برای عرض ١٠ متر و عمق های مختلف ٦٤
شکل ٤-٢٢ : ضریب عبور موج برای پریود ٢ ثانیه و طیف های JONSWAP و P-M ٦٥
شکل ٤-٢٣ : ضریب عبور موج برای پریود ٣ ثانیه و طیف های JONSWAP و P-M ٦٥
شکل ٤-٢٤ : ضریب عبور موج برای پریود ٤ ثانیه و طیف های JONSWAP و P-M ٦٦
شکل ٤-٢٥ : ضریب عبور موج برای پریود ٥ ثانیه و طیف های JONSWAP و P-M ٦٦
شکل ٤-٢٦: ضریب عبور موج برای پریود ٦ ثانیه و طیف های JONSWAP و P-M ٦٦
شکل ٤-٢٧ : نحوه جانمایی مهارها در نرم افزار Moses ٦٧
شکل ٤-٢٨ : ضریب عبور موج برای عرض ٢/٥ متر و پریودهای مختلف ٦٨
شکل ٤-٢٩ : ضریب عبور موج برای عرض ٥ متر و پریودهای مختلف ٦٨
شکل ٤-٣٠ : ضریب عبور موج برای عرض ٧/٥ متر و پریودهای مختلف ٦٩
شکل ٤-٣١ : ضریب عبور موج برای عرض ١٠ متر و پریودهای مختلف ٦٩
شکل ٤-٣٢ : مدل موج شکن شناور شماره ١ ..... ٧٠
شکل ٤-٣٣ : مدل موج شکن شناور شماره ٢ ..... ٧٠
شکل ٤-٣٤ : مدل موج شکن شناور شماره ٣ ..... ٧١
شکل ٤-٣٥ : مدل موج شکن شناور شماره ٤ ..... ٧١
شکل ٤-٣٦ : مدل موج شکن شناور شماره ٥ ..... ٧١
شکل ٤-٣٧ : مدل موج شکن شناور شماره ٦ ..... ٧٢

شکل ٤-٣٨ : مدل موج شکن شناور شماره ٧ ..... ٧٢
شکل ٤-٣٩ : مدل موج شکن شناور شماره ٨ ..... ٧٢
شکل ٤-٤٠ : مدل موج شکن شناور شماره ٩ ..... ٧٢
شکل ٥-١ : نمودار جریان طراحی هندسه بهینه موجشکن شناور در الگوریتم ژنتیک ٧٩
شکل پ-١- : فرایند یک الگوریتم تکاملی ٨٩

فصل ۱– کلیات

۱–۱– مقدمه

موج‌شکن‌های شناور برای ایجاد یک محیط بندری آرام بصورت دائم یا موقت بکار می‌روند، این موج-شکن‌ها در کارهای دریایی، عملیات نظامی، فعالیت های شیلاتی، بنادر تفریحی و ماهیگیری استفاده فراوان دارند. در بسیاری از بنادر ، بازدهی بنادر به طور محسوسی از هجوم امواج تاثیر می پذیرد ، از این رو وجود یک موج‌شکن شناور برای افزایش بازدهی و مهیا کردن یک محیط ایمن برای کشتی ها امری ضروری به نظر می‌رسد ، موج‌شکن‌هایی که در عمل ساخته شده اند همگی سعی داشته‌اند که ارتفاع امواج را در یک مکان مشخص کاهش دهند. در واقع کاربرد اصلی موج‌شکن شناور زمانی خود را نشان داد که برای بعضی مناطق ساحلی با عمق زیاد احتیاج به محافظت در مقابل امواج در یک حد نسبی بود و احتیاج به محافظت صد در صد بوسیله موج‌شکن‌های سنتی نبود. در این مواقع هزینه ساخت موج‌شکن-های ثابت با افزایش عمق با نرخ زیادی افزایش می یافت و با توجه به غیر اقتصادی بودن طرح های سنتی، موج‌شکن‌های شناور مورد بررسی قرار گرفتند.

یک موج‌شکن شناور برخلاف یک موج شکن معمولی رفتار دینامیکی پیچیده‌ای دارد، چرا که فاکتورهای هیدرولیکی زیادی بر رفتار هیدرودینامیکی المان های مختلف یک موج شکن شناور موثر هستند. وظیفه اصلی یک موج‌شکن شناور همانند سایر موج‌شکن‌ها، کاهش آثار موج تا سطح قابل قبولی است.

در موارد زیر می توان از یک موج‌شکن شناور استفاده کرد:

- در مناطقی که شرایط ژئوتکنیکی بستر نامناسب باشد، یک سازه عظیم مانند موج‌شکن معمولی باعث ایجاد فشار زیادی روی بستر می‌شود که مشکلاتی نظیر نشست زیاد خاک بستر را در پی دارد، لذا استفاده از موج‌شکن شناور می‌تواند یک راه حل مناسب باشد.
- مناطقی که دارای تغییرات مورفولوژیک و رسوب گذاری های شدید باشند.
- مناطقی که دارای تغییرات جزرومدی قابل ملاحظه اند. موج‌شکن شناور قابلیت وفق شدن با تغییرات جزر ومدی و عمق آب دریا را دارا می باشد.
- برای حفاظت از حیات دریا و نگهداری از سیستم زیست محیطی، موج‌شکن‌های شناور در چرخه آب، انتقال رسوبات و مهاجرت ماهی ها حداقل دخالت را دارند و از این لحاظ از موج شکن های معمولی بهتر هستند.
- در مواردی که شیب کف دریا زیاد باشد، استفاده از موج‌شکن سنتی از لحاظ هزینه ساخت غیر اقتصادی می‌شود، لذا استفاده از موج‌شکن شناور می تواند یک راه حل مناسب باشد، چرا که با افزایش عمق هزینه ساخت موج‌شکن شناور با شیب کمی رشد می کند.

- تغییر و تبدیل و انتقال این شناورها آسان است، شناورهای پانتونی از تعدادی المانهای شناور مجزا که به هم متصل شده اند ساخته می‌شوند. چنانچه نیاز باشد می‌توان شناور را با جدا کردن المانها از هم و یدک کشیدن آن، به مکانی که مورد نیاز است منتقل نمود و حتی می-توان با اتصال المانهای دیگر، ترکیب بندی جدیدی را بوجود آورد.

با وجود مزیت‌های مورد اشاره، موج‌شکن شناور در مقایسه با موج‌شکن‌های معمولی معایبی نیز دارد. برخی از این معایب عبارتند از:

- در مواقع طوفان که به وجود موج‌شکن‌های شناور بیشترین نیاز هست، سازه و مهارهای آن معمولا آسیب می بینند.
- در مقایسه با موج شکن های سنتی، نیاز به تعمیر و نگهداری بیشتری دارند.
- در امواج بلند راندمان بالایی ندارند و تقریبا بی اثر هستند، یک حد بالایی برای پریود امواج، ۴ تا ۶ ثانیه است و بیشتر موج‌شکن‌های شناور برای پریودهای زیر ۴ ثانیه طراحی می شوند.

راندمان موج‌شکن شناور تا حد زیادی با طول و پریود امواج تابشی تغییر می‌کند. عرض مورد نیاز در موج‌شکن شناور با افزایش پریود موج تابشی به مقدار بیش از ۴ ثانیه به سرعت افزایش می‌یابد و این سبب غیراقتصادی شدن موج‌شکن‌های شناور در پریودهای بالا می‌شود. لذا معمولا موج‌شکن‌های شناور در مکانهای نسبتا آرام از جهت وجود امواج و طول موجگاه کوتاه مورد استفاده قرار می گیرند، زیرا موجگاه‌های کوتاه موجب تولید امواج ناشی از باد با پریود های کمتر از ۴ ثانیه می شوند.

به طور کلی برای موثر واقع شدن یک موج‌شکن شناور می‌توان گفت که حجم موج‌شکن شناور بایستی بزرگ و پریود طبیعی آن در مقایسه با پریود موج تابشی به حد کافی بزرگ باشد[۱].

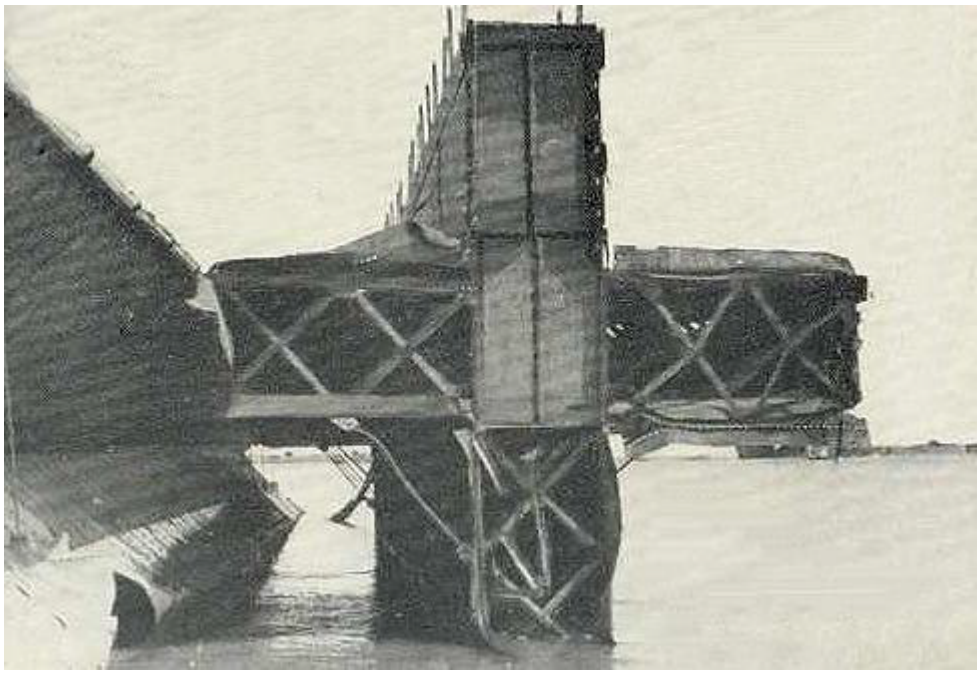
۱-۲- تاریخچه

سابقه مراجع موجود در زمینه موج شکن شناور به مقاله ای در مجله مهندسی عمران ومعماری در سال ۱۸۴۲ میلادی، تحت عنوان " موج شکن های شناور Reids" بر می گردد [۱].

در سال ۱۹۰۵ میلادی مقاله ای در جامعه ی سلطنتی دوبلین منتشر شد که در آن پیشنهاد استفاده از یک جسم شناور به شکل بدنه ی یک کشتی به عنوان موج شکن شناور مطرح شد. اگر چه موج شکن مذکور هرگز ساخته نشد، لیکن پس از ارائه‌ی این مقاله تعدادی موج شکن شناور با طرح های دیگر در اروپا ساخته شدند. این موج شکن ها در بنادر با عمق زیاد احداث گردیدند. تمامی موج شکن های فوق در اثر طوفان های دریایی نابود شدند و اطلاعات کمی در مورد این موج شکن ها موجود است.

به طور جدی نخستین بار در سال ۱۹۴۴ میلادی و در جریان جنگ جهانی دوم موج‌شکن شناور مورد استفاده قرار گرفت. در آن زمان نیروی دریایی انگلستان موج شکن شناور Bombardon را برای حفاظت از بنادر مصنوعی ساخته شده در سواحل Normandy مورد استفاده قرار داد[۱]. موج شکن مذکور برای مقابله با امواج با ارتفاع موج ۳ متر و پریود های ۵ تا ۶ ثانیه طراحی شد. این موج شکن دارای مقطع

عرضی Crucifix (صلیب) با ابعاد کلی ۹ متر در ۹ متر و طول ۶۱ متر بود. موج‌شکن فوق در خلیج Weymouth انگلستان مورد آزمایش قرار گرفت. این موج‌شکن در این آزمایشها؛ ارتفاع موج ۲/۵ متری با پریود ۵/۸ ثانیه را به میزان تقریبی ۷۵ درصد کاهش داد(شکل ۱-۱). موج‌شکن Bombardon در هنگام حمله متفقین وظیفه خود را به خوبی انجام داد، اما پس از ۹ روز (به دلیل طوفانی که ۸ برابر تنشی که قرار بود تحمل کند، تنش وارد نمود) دچار خرابی شد[۱].



شکل ۱-۱ : موج شکن Bombardon

در سال ۱۹۵۷ میلادی در آزمایشگاه مهندسی عمران نیروی دریایی ایالات متحده امریکا[1] (NCEL) مطالعه گسترده‌ای بر روی موج شکن های شناور قابل حمل برای استفاده در عملیات خاکی – آبی در

[1] U.S. Navy Civil Engineering Laboratory

سواحل باز آغاز شد. هدف این مطالعه ایجاد یک بندر موقت در مقابل امواج با ارتفاع کمتر از ۱/۲ متر بود، این بندر موقت می بایست شرایط مطلوبی را برای انتقال محموله از کشتی های اقیانوس‌پیما به بارج‌ها فراهم می‌ساخت. چندین نوع موج‌شکن شناور در آزمایشگاه مذکور مورد مطالعه قرار گرفتند.

طی سال های ۱۹۶۳ تا ۱۹۶۸ میلادی اداره امور عمومی کانادا[1]، موج شکن A-frame را ابداع کرد و دو موج شکن از این نوع نیز در Ontario و British Columbia نصب گردید. همچنین موج شکن های بتنی در ژاپن و نروژ، ابداع و ساخته شدند. مطالعه‌ای در خصوص موج شکن های قابل حمل در سال ۱۹۷۱ میلادی به وسیله NCEL انجام شد. تعداد ۱۰۶ مورد سازه به عنوان موج شکن سیار از این مطالعه مورد شناسایی قرار گرفت، البته بیشتر این موج شکن ها مورد آزمایش میدانی قرار نگرفته بودند[۱].

تعداد زیادی موج شکن شناور در سال ۱۹۷۰ میلادی برای حفاظت بنادر قایق های تفریحی و بنادرقایقرانی ساخته شدند، موج شکن های نوع پانتون پلاستیکی و یا صندوقه بتنی در ساحل اقیانوس آرام در آمریکای شمالی در چند بندر قایق های تفریحی عمومی و خصوصی ساخته شدند. همچنین یک موج شکن نوع پانتونی در آلاسکا نصب شد. قطعات پیش ساخته این موج شکن توسط بارج به محل مورد نظر حمل و سپس در آنجا متصل و نصب شد. شرکت های عضو جامعه موج شکن های شناور ژاپن چند موج شکن شناور برای استفاده در بنادر قایق های تفریحی و صنعت مزارع ماهی ساختند[۱].

برای ساخت موج شکن های شناور در چند ساحل امریکا از تایرهای مستعمل و مازاد استفاده شده است. این نوع موج‌شکن‌ها با پشتیبانی شرکت تایر Goodyear انجام شد.

بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ موج شکن شناور تا سال ۱۹۸۰ میلادی در نقاط مختلف جهان ساخته شده است. عملکرد بسیاری از این موج شکن ها کاملا رضایت بخش بوده و حفاظت لازم را برای شناورهای لنگر انداخته تامین کرده‌اند. البته برخی از آنها نیز حفاظت لازم را در طوفان های شدید تامین نکرده و یا اساسا تخریب شده‌اند.

ارتش آمریکا در سال ۱۹۸۰ چندین موج‌شکن شناور سریع النصب[2] (RIBS) را در مقیاس واقعی مورد آزمایش قرار داد، این موج شکن ها برای اهداف نظامی ساخته شده بودند[۱].

موج‌شکن‌های شناور ساخته شده را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد:

۱- موج شکن های شناور با وزن کم که استفاده مجدد و حمل ونقل آن ها راحت است و مدت زمان سرویس آن ها از چند ساعت تا چند روز متغیر است؛ مانند RIBS که ارتش امریکا برای سوار و پیاده کردن سربازان از آن استفاده می‌کرد.
۲- موج شکن های شناور با وزن کم ولی با مشخصات نیمه دائمی، عمر این سازه ها ممکن است تا ۳۰ سال باشد؛ این نوع موج شکن های شناور در بنادر تفریحی بسیار مرسوم هستند(شکل۱-۲)،

[1] Public Works Canada
[2] Rapidly Installed Breakwater System

مانند بلوک های U شکل که شامل کیسون‌های بتنی هستند که با پلی استیرن پر شده و با کابل ها به هم متصل می شوند و به راحتی قابل جابجایی هستند.

۳- موج شکن های شناور سنگین با مشخصه های دائمی و عمری در حدود ۱۰۰ سال. از این نوع موج‌شکن شناور وقتی استفاده می‌شود که عمق آب و یا مشخصات بستر اجازه استفاده از موج-شکن ثابت را ندهد و شرایط موج متوسط باشد[۲].

شکل ۱-۲ : استفاده از موج شکن شناور در بنادر تفریحی

۱-۳- انواع موج شکن های شناور

با توجه به خلاقیت و سلیقه طراحان و با استفاده از امکانات موجود انواع مختلفی از موج‌شکن‌های شناور طراحی شده‌اند. در این قسمت به معرفی تعدادی از انواع موج‌شکن‌های شناور که بیشتر مورد استفاده قرار گرفته‌اند، پرداخته می‌شود[۱].

۱-۳-۱- موج شکن های Centerboard

در این نوع از موج‌شکن‌ها یک دیواره نسبتا کم ضخامت به طور قائم به طرف پائین امتداد می‌یابد تا انرژی موج تابشی را منعکس سازد. این گروه شامل سازه های نوع A-frame , Thin Plate و Caisson می‌شود.

۱-۳-۱-۱- موج شکن های A-frame

موج‌شکن‌های A-frame ابداع شده به وسیله اداره امور عمومی کشور کانادا[1] نمونه‌ای از موج‌شکن های نوع Centerboard است. این موج شکن دارای یک صفحه قائم بزرگ به منظور انعکاس امواج برخوردی

[1] Public Works Canada

است که متصل به خرپاهای فولادی نگهدارنده است، سازه های مذکور بر روی دو استوانه فولادی شناور قرار دارند. تعداد چهار موج شکن از این نوع در Ontario و British Columbia کانادا ساخته شده است. دو موج شکن ساخته شده در Ontario نمونه های اصلاح شده موج‌شکن‌های به کار برده شده در British Columbia هستند. عملکرد موج شکن های یاد شده بسیار رضایت بخش بوده است. موج شکن A-frame بندر Lund کانادا، یکی از قدیمی‌ترین موج‌شکن‌های شناور باقیمانده از سال ۱۹۶۳ میلادی است.

یکی از مشکلات این نوع موج‌شکن شناور زنگ زدگی قاب های فولادی است. موج‌شکن مورد استفاده در Ontario به‌علت قرار داشتن در آب شیرین کمتر از موج شکن مورد استفاده در British Columbia مستقر در آب دریا دچار زنگ زدگی شده است، این عیب با قیراندود کردن و به کارگیری آندهای فداشونده برطرف می‌شود(شکل ۱-۳).

شکل ۱-۳ : موج شکن A-frame

۱-۳-۱-۲- موج شکن های کیسونی (صندوقه‌ای)[1]

امروزه موج شکن های کیسونی یکی از معمول ترین نوع موج شکن های شناور هستند که در بنادر تفریحی مورد استفاده قرار می گیرند. بیشتر موج شکن های کیسونی از بتن مسلح پیش تنیده و یا پس تنیده ساخته می شود.

چندین موج شکن کیسونی از جنس بتن آرمه در کشورهای اسکاندیناوی و آمریکای شمالی ساخته شدند، عملکرد آنها غالبا رضایت بخش بوده است. البته برخی از آنها مشکلاتی در مورد مهارها و اتصالات خود داشته اند. یکی از مشکلات این نوع موج‌شکن‌ها از دست دادن خاصیت شناوری و فرو رفتن در آب در صورت سوراخ شدن است. موج‌شکن‌های کیسونی باید با استفاده از مواد شناور کننده ساخته شوند تا در مواقع ترک برداری یا سوراخ شدن موج شکن در آب فرو نروند.

[1] Caisson