یادداشت فنی

بررسی آزمایشگاهی ارتفاع بهینه تیغه بر روی میزان عبور امواج از موج‌شکن‌های شناور پانتونی تیغه‌ای

هادی حسین‌زاده[1*]، فریدون وفایی[2]، پیمان آق‌تومان[3]

۱- کارشناس ارشد سازه‌های دریایی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۲- استادیار بخش مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۳- کارشناس ارشد فیزیک دریا، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری جهاد کشاورزی

چکیده

در تحقیق حاضر ارتفاع بهینه تیغه جهت کاهش عبور امواج از موج شکن‌های شناور پانتونی تیغه‌ای با استفاده از مدل فیزیکی مورد بررسی قرار گرفته است. تعداد ۵۴ آزمایش بر روی سه مدل پانتونی، با ارتفاع تیغه‌های مختلف (۸، ۱۶و ۲۴ سانتیمتر) در فلوم موج مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری جهاد کشاورزی انجام شده است. تاثیر پارامترهای هیدرودینامیکی و همچنین هندسه سازه بر روی میزان عبور امواج از این نوع موج‌شکن‌ها مورد مطالعه قرار گرفته است. در این پژوهش اثر افزایش ارتفاع تیغه و همچنین نسبت ارتفاع بهینه تیغه به عمق آب مورد بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: موج‌شکن شناور، موج‌شکن پانتونی تیغه‌ای، موج‌شکن پانتونی با افزودن تیغه

TECHNICAL NOTE

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF OPTIMUM SKIRT HEIGHT ON WAVES TRANSMISSION FROM SKIRT PONTOON TYPE FLOATING BREAKWATERS

H.Hosseinzadeh[1] , F.Vafaee[2],P. Aghtuman[3]

1-Faculty of Civil Engineering, K.N.Toosi University
2-Faculty of Civil Engineering, KNToosi University of Technology
3-Soil conservative and watershed Research center

Abstract

In the present paper optimum height of skirt of Skirt Pontoon Floating Breakwater are reported by physical model. 54 tests on 3 types (skirt heights : 8,16 and 24 cm) of skirt pontoon floating breakwater is conducted in the wave flume of Soil Conservative and Watershed Research Center. Hydrodynamical and geometrical parameters were analysised. In this research optimum height of skirt to water depth ratio is determined.

Keywords: floating breakwater, skirt pontoon breakwater, floating pontoon whit a membrane

* نویسنده مسوول مقاله hady.hosseinzadeh@gmail.com

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-07-05]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1389.6.11.7.6]

۱- مقدمه

موج‌شکن‌ها سازه‌هایی هستند که با کاهش ارتفاع امواج تابشی، لنگرگاه امنی را برای پهلوگیری شناورها ایجاد می‌نمایند. موج‌شکن‌های شناور جایگزین مناسبی برای موج‌شکن‌های توده‌سنگی در شرایط عمق زیاد دریا، بستر نامناسب، نرخ رسوبگذاری بالا، در اقلیم موج ملایم محسوب می‌شوند. از مزایای دیگر موج‌شکن‌های شناور نسبت به موج‌شکن‌های سنتی می‌توان به جابجایی آسان سازه و ملاحظات زیست محیطی(عدم مسدود نمودن آب درون حوضچه) اشاره کرد. موج‌شکن‌های شناور قسمتی از امواج تابشی را انعکاس داده و مقداری از انرژی موج را از خود عبور می‌دهد. عملکرد این سازه‌ها توسط ضریب عبوری سنجیده می‌شود که نسبت بین ارتفاعات امواج عبوری به امواج تابشی می‌باشد. این سازه‌های شناور در شرایط اقلیم موج ملایم (پریود امواج کمتر از ۵ ثانیه) کاربرد بیشتری دارند. اگرچه هنوز در کشور ما موج‌شکن شناور ساخته نشده اما در نقاط مختلف دنیا به طور فراوان طراحی و ساخته شده‌اند. با تحقیقات بعمل آمده مناطق بین سواحل شمالی جزیره قشم و جنوب استان هرمزگان قابلیت ساخت موج‌شکن‌های شناور وجود دارد. موج‌شکن پانتونی تیغه‌ای یکی از انواع موج‌شکن‌های شناور است. تاکنون تحقیقاتی در مورد موج‌شکن‌های شناور پانتونی تیغه‌ای انجام شده است :

Carver (۱۹۷۹) با مطالعات آزمایشگاهی روی موج‌شکن پانتونی نشان داد نسبت عرض پانتون به طول موج پارامتر مهمی است و همچنین افزودن تیغه به پانتون تاثیر ناچیزی در کاهش عبور امواج دارد [۱].

براساس مطالعات آزمایشگاهی Hermanson (۲۰۰۸)، موج‌شکن پانتونی را با افزودن تیغه عمودی مورد بررسی قرار داد. تاثیر ارتفاع تیغه، میزان نفوذپذیری تیغه و تاثیر جنس مهار روی ضریب عبوری مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج، کاهش ۱۲ درصدی ضریب عبوری را برای افزودن تیغه نشان می‌داد. همچنین تیغه نفوذپذیر تاثیر بیشتری را در کاهش ارتفاع امواج عبوری از خود نشان داد. مهارهای الاستیک نسبت به مهارهای غیرالاستیک ضریب عبوری کوچکتری را نشان داده است [۲].

در کشور ما هم مطالعاتی در زمینه موج‌شکن‌های شناور پانتونی تیغه‌ای انجام شده است. فروزنده (۲۰۰۶) بررسی آزمایشگاهی را روی تاثیر ارتفاع تیغه روی میزان انعکاس و انتقال امواج انجام داده است. براساس نتایج ایشان با افزایش ارتفاع تیغه، ضریب عبوری کاهش و ضریب انعکاس افزایش می‌یابد [۳].

اسحاقی (۲۰۰۷) تاثیر ارتفاع تیغه روی مهارهای موج‌شکن شناور را مورد بررسی قرار داد [۴]. بطور کلی به نظر می‌رسد که افزودن ارتفاع تیغه تا حدی از عمق عملکرد مطلوبی در کاهش امواج عبوری داشته و ارتفاع بیش از اندازه تیغه تاثیر معکوس بر روی عملکرد موج‌شکن خواهد داشت. در تحقیق حاضر با توجه به داده‌های آزمایشاتی که در فلوم موج مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری جهاد کشاورزی انجام شده، ارتفاع بهینه تیغه جهت کاهش عبور امواج از موج‌شکن‌های شناور پانتونی تیغه‌ای مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- انجام آزمایشات

۲-۱- انتخاب مدل ها

جهت بررسی ارتفاع بهینه تیغه جهت کاهش عبور امواج از موج شکن‌های شناور پانتونی تیغه‌ای از سه مدل پانتونی با افزودن تیغه‌های ۸، ۱۶ و ۲۴ سانتیمتری استفاده شده است. ارتفاع این تیغه ها نسبتی از ارتفاع پانتون انتخاب شده است. نسبت عرض موج‌شکن به طول موج از مهمترین پارامترها در عملکرد موج‌شکن‌های شناور می‌باشد که به دلیل بررسی ارتفاع تیغه در این مدل‌ها عرض موج شکن و ارتفاع آبخور پانتون ثابت در نظر گرفته شده است. ضخامت تیغه‌ها برای مدل با تیغه ۸ و ۱۶ سانتیمتری ۳/۶ سانتیمتر بوده است اما با توجه به اینکه در صورت استفاده از تیغه به ضخامت ۳/۶ سانتیمتر در مدل با ارتفاع تیغه ۲۴ سانتیمتر وزن مدل زیاد شده، از تیغه به ضخامت ۱/۸ سانتیمتر استفاده شده است. عمق آب در

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-07-05]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1389.6.11.7.6]

تمام آزمایشات برابر ۶۰ سانتیمتر بوده است. طول همه مدل‌ها ۸۵ سانتیمتر و از چهار مهار ضربدری بطول ۱۸۷ سانتیمتر برای مهار کردن این سازه‌ها استفاده شده است. نکته قابل توجه در انجام آزمایشات مربوط به تحقیق حاضر این است که در آن هدف اصلی محاسبهٔ ضرائب انتقال، انعکاس بود. برای مهارها از سیمهای ویلون به قطر ۰/۵ میلیمتر و بی وزن (وزن واحد طول ۰/۰۰۱ کیلوگرم بر متر) که به سختی تغییر شکل می‌دادند استفاده شد. با توجه به مشخصات فلوم موج و تجهیزات آزمایشگاهی مقیاس مدل ۱:۱۰ در نظر گرفته شده است. مشخصات مدل در جدول ۱ ارائه شده است. شکل ۱ بعنوان نمونه مدل با ارتفاع تیغه ۸ سانتیمتری را نمایش می‌دهد.

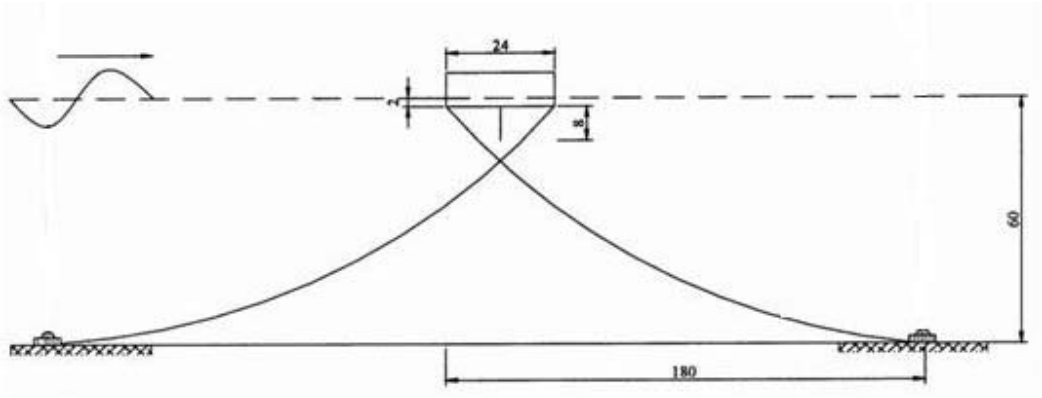
۲-۲- ساخت و برپایی مدل

مدل‌های فیزیکی شناور از جنس چوب ضد آب (water proof) ساخته شدند. چوب ضد آب استفاده شده از چوب ۹ لایه‌ای به ضخامت ۱۸ میلیمتر، که در اثر قرار گرفتن در آب هیچگونه تغییر شکلی در آن ایجاد نمی‌گردد تشکیل شده است.

برای رسیدن به آبخور مورد نظر در مدلها باید بعضی از مدلها سنگین می‌شدند برای این کار از یکسری ورقهای فلزی با ضخامت کم و با ابعاد و وزن های مشخص که به صورن متقارن در کف‌سازه قرار می‌گرفت، استفاده شد. این ورقها قبل از بستن درب مدل ها، به کف مدل با چسب چسبانده شدند و بعد از بستن درب مدل در داخل آب ساکن تراز شدند و آبخور لازم آنها کنترل شد و دوباره از آب خارج شده و با چسب آب‌بندی شدند، با این روش دیگر احتیاجی به بالانس کردن سازه پس از هر آزمایش نبود چون اجسام داخل مدل قابلیت جابجایی و بر هم زدن آبخور سازه را نداشتند.

جدول ۱- مشخصات مدل‌ها

مدل‌ها	با تیغه ۸ سانتیمتری	با تیغه ۱۶ سانتیمتری	با تیغه ۲۴ سانتیمتری
کیلوگرم [kg]	۶/۳۴	۸/۶۰	۷/۴۷
عرض پانتون [cm]	۲۴	۲۴	۲۴
ارتفاع پانتون [cm]	۸	۸	۸
آبخور پانتون [cm]	۲	۲	۲
ضخامت تیغه [cm]	۳/۶	۳/۶	۱/۸



شکل ۱- مشخصات مدل پانتونی با تیغه ۸ سانتیمتری

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-07-05]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1389.6.11.7.6]

برای اتصال سیستم مهار به موج‌شکن از چهار قلاب فلزی که به چهار گوشه مدلها بسته می‌شدند، استفاده شد. این قلابها در داخل مدل پیچ شدند و جدا شدن آنها از مدل غیرممکن است. در انجام آزمایشات برای مهارها از سیمهای ویلون به قطر ۰/۵ میلیمتر استفاده شد. در تمام آزمایشات از مهارهای متقاطع با نسبت ۱ به ۳ استفاده شد. به این معنا که فاصله اصلی محل اتصال مهار از انتهای لنگر تا لبه موج‌شکن سه برابر عمق آب می‌باشد. برای اتصال سیستم مهار ابتدا کف فلوم با شاقول و متر علامت‌گذاری شده و سپس با دریل سوراخ و داخل سوراخ آن رولپلاک قرار داده شد و قلابها در داخل رول پلاک پیچ شدند.

۲-۳- مشخصات امواج

ارتفاع امواج بین ۲ تا ۱۲ سانتیمتر در نظر گرفته شده است. همچنین پریود امواج بین ۰/۶۳ تا ۱/۲۶ ثانیه انتخاب شده تا تیزی امواج بین ۰/۰۱ تا ۰/۱ قرار گیرد. طیف انرژی موجی که برای آزمایشات انتخاب شده ، طیف JONSWAP است.

۲-۴- مشخصات فلوم موج

فلوم موج مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری جهاد کشاورزی ۳۳ متر طول، ۵/۵ متر عرض و ۱/۵ متر ارتفاع دارد که توسط دو دیواره به سه قسمت مجزا تقسیم شده است (شکل ۲). این فلوم مجهز به پاروی مولد موج هیدرولیکی که قادر است موج نامنظم تولید کند و در انتهای دیگر فلوم جاذب سنگی موج قرار دارد.

۲-۵- روش اندازه گیری

برای ثبت نتایج آزمایشات از پنج دستگاه سنسور ارتفاع سنج موج استفاده شده است. دو عدد از این سنسورها یکی در جلو و دیگری در پشت سازه در یک امتداد برای ثبت ارتفاع موج تابشی و انتقالی قرار داده شدند. فاصله سنسورها تا سازه به اندازه ۳۰ سانتیمتر در نظر گرفته شده است. این مقدار از یک چهارم طول موج کمترین طول موجها کمتر بوده تا امواج تفرق یافته از جانب سازه تاثیری بر امواج عبور کرده از سازه نداشته باشند. سه عدد از آنها نیز در حد فاصل بین پارو و سازه نصب شدند. سنسورهای اخیر برای ثبت ضریب انعکاس موج براساس روش منسارد (۱۹۸۰.م) در این محل قرار داده شدند. در روش منسارد امواج تابشی و بازتابی در ثبت همزمان نیم رخ موج توسط سه سنسور مجاور هم و موازی با جهت انتشار امواج و تحلیل روش حداقل مربعات از همدیگر تفکیک می‌شوند. نکته حائز اهمیت در این روش تعیین فاصله بین سنسورها است. همچنین به منظور صرفنظرنمودن از اغتشاشات سطح آب در نزدیکی سازه و پارو، سنسورها باید حداقل یک طول‌موج (طول موج متناسب با پریود پیک) با سازه و پارو فاصله داشته باشند که بهترین حالت زمانی است که سنسورها در حد وسط سازه و پارو قرار گیرند. پس از ثبت آزمایشات توسط سنسورهای ارتفاع‌سنج موج باید ارتفاع موثر امواج برای تجزیه و تحلیل آزمایشات محاسبه شوند. نرم‌افزار WS قادر است اندازه‌گیری‌های انجام شده توسط سنسورهای ارتفاع‌سنج را به صورت تاریخچه زمانی ارائه کند. بنابراین با داشتن تاریخچه زمانی موج‌ها می‌توان ارتفاع H_{mo} امواج پشت سازه و پای سازه را توسط روابط زیر محاسبه کند.

$$m_0 = \frac{\sum \eta_i^2}{n} \qquad (۱)$$

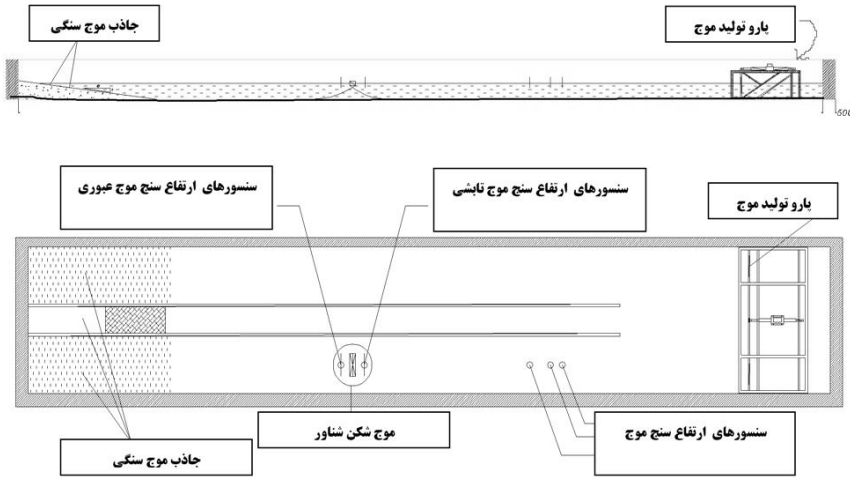
$$H_{mo} \approx H_s = 3.81\sqrt{m_o} \qquad (۲)$$

در رابطه (۱) m_0 لنگر صفرم طیف موج، η_i پروفیل سطح آب و n تعداد ارتفاع اندازه‌گیری شده توسط سنسور می‌باشد.

سنسور نصب شده پای موج‌شکن ارتفاع موج تابشی و منعکس شده را همزمان ثبت می‌کند. بنابراین از رابطه بدست آمده از اصل بقای انرژی می‌توان H_i (ارتفاع موج برخوردی) را محاسبه نمود.

$$H_i = \frac{H_{i+r}}{\sqrt{1+C_r^2}} \qquad (۳)$$

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-07-05]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1389.6.11.7.6]



شکل ۲- مشخصات فلوم موج مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری

در رابطه (۳) H_{i+r} ارتفاع موج پای سازه و C_r ضریب انعکاس می‌باشد.

۲-۶- خطاها و روش‌های کاهش آن

در تبدیل ابعاد پارامترهای نمونه واقعی به مدل و نیز تبدیل پارامترهای اندازه‌گیری شده در مدل به نمونه واقعی از قانون مدل فرود استفاده شده است . امواج با پریود کوتاهی که در آزمایشات داشتند، تنش‌های برشی قابل ملاحظه ای را نمی توانستند تولید کنند. لذا امواج لزجت بسیار ناچیز و عدد رینولدز بسیار بالایی دارند. بنا به دلایل ذکر شده می‌توان از معیار رینولدز در مدلسازی صرفنظر کرد. همچنین خطاهای ناشی از کشش سطحی قابل ملاحظه نیست. در این پژوهش یکی از محدودیت‌های آزمایشات استفاده از آب شیرین بجای آب دریا بوده است.

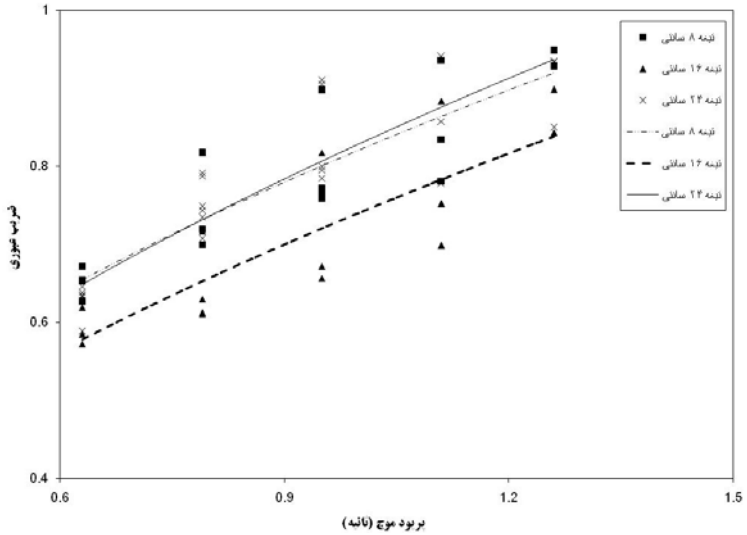
یکی از خطاهایی که می تواند رخ دهد ایجاد تلاطم در فلوم موج است. تعداد امواج باید به اندازه کافی باشد که طیف انرژی موج مورد نظر را تشکیل دهد. از طرفی اگر تعداد امواج زیاد باشد باعث ایجاد تلاطم به علت بازتابهای چندگانه به‌وسیله پارو می‌شوند. قبل از انتخاب تعداد امواج، چند آزمایش با تعداد امواج متفاوت انجام شد و مشاهده شد که بازتابهای چندگانه پس از ۵۰۰ موج بر راندمان تأثیر می‌گذارند و از این رو در هر آزمایش تعداد ۲۵۰ موج مورد استفاده قرار گرفته است.

همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است عرض فلوم موج توسط دو دیواره به سه قسمت مجزا تقسیم شده است. طول موج‌شکن تقریبا به اندازه عرض کانال انتخاب شده بود تا اثرات تفرق امواج در آزمایشات حذف گردد.

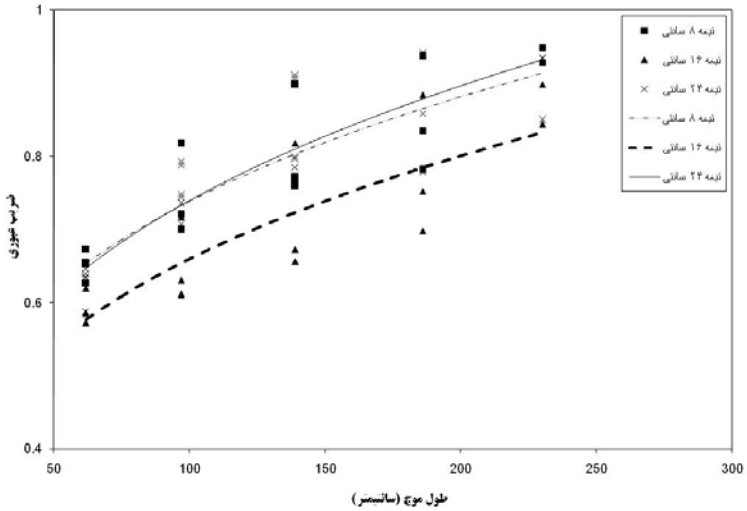
۳- تجزیه و تحلیل

جهت بررسی تاثیر پارامترهای هیدرودینامیکی روی میزان عبور امواج، پریود موج، طول و تندی موج مورد بررسی قرار گرفته‌اند. همانطور که شکل های ۳ و ۴ نشان می‌دهند نمودار پریود و طول موج در برابر ضریب عبوری برای هر ۳ مدل (با ارتفاع های مختلف تیغه) رسم شده است. تغییرات ضریب عبوری در برابر پریود و طول موج نشان می‌دهد که با افزایش این دو پارامتر ضریب عبوری بصورت نمایی افزایش می‌یابد. موج‌شکن با ارتفاع تیغه ۱۶ سانتیمتر عملکرد مطلوبتری در کاهش ارتفاع امواج عبوری داشته است. موج‌شکن‌های با ارتفاع تیغه ۸ و ۲۴ سانتیمتر تقریبا عملکرد یکسانی داشته و حتی در طول موج‌های بزرگتر از ۱۰۰ سانتیمتر موج‌شکن با ارتفاع تیغه ۸ سانتیمتری ضریب عبوری کمتری را نشان داده است.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-07-05]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1389.6.11.7.6]



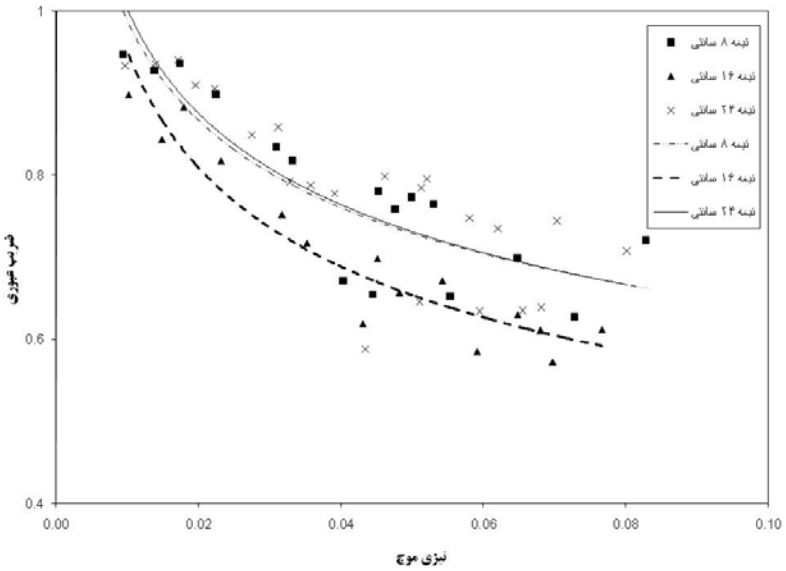
شکل ۳- پریود امواج در برابر ضریب عبوری



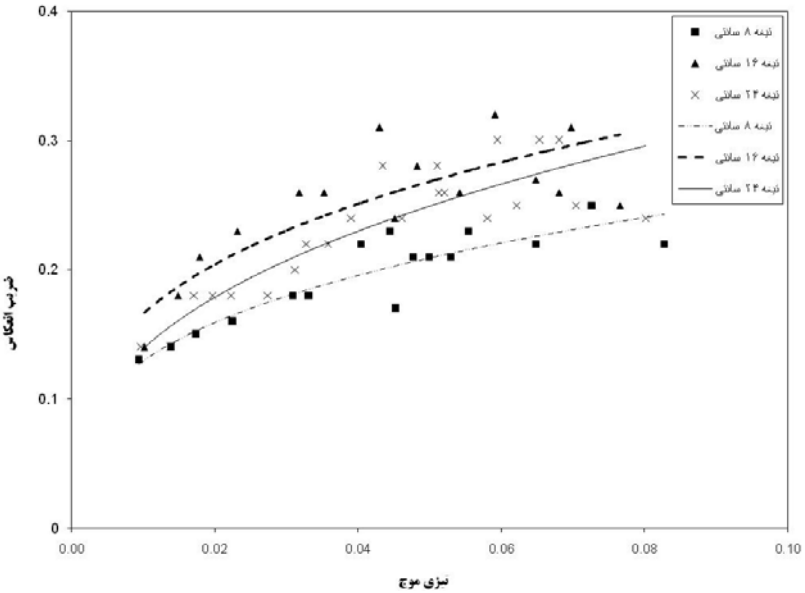
شکل ۴- طول امواج در برابر ضریب عبوری

شکل‌های ۵ و ۶ به ترتیب نمودار تیزی موج را در برابر ضرایب عبوری و انعکاس نشان می‌دهند. همانطور که در شکل ۵ دیده می‌شود، با افزایش تیزی موج ضریب عبوری کاهش می‌یابد. همچنین با بررسی این شکل، مشاهده می‌شود که موج شکن با ارتفاع تیغه ۱۶ سانتیمتر و جرم ۸/۶۰۱ کیلوگرم نسبت به سایر مدل‌ها (موج شکن با تیغه ۲۴ سانتیمتری و جرم ۷/۴۷۱ کیلوگرم و موج شکن با تیغه ۸ سانتیمتری و جرم ۶/۳۴ کیلوگرم) ضریب عبوری کمتری را نشان داده است. اما با مقایسه موج‌شکن با تیغه ۲۴ و ۸ سانتیمتری تفاوتی در عملکرد این دو مدل دیده نمی‌شود بلکه در تیزی موج کمتر از ۰/۰۵ (طول موج بزرگتر از ۱۰۰ سانتیمتر) موج شکن با ارتفاع تیغه ۸ سانتیمتر نسبت به موج‌شکن با تیغه ۲۴ سانتیمتر عملکرد بهتری داشته است. بدلیل اینکه نیروی موج بیشتری به تیغه ۲۴ سانتیمتری وارد می‌شود، دوران و جابجایی بیشتری داشته و خود تیغه بعنوان پارو عمل کرده و در پشت موج شکن تولید موج می‌نماید. همانطور که آزمایشات نشان می‌داد در مدل با ارتفاع تیغه بیشتر کف سازه در طول موج های بزرگتر، بلند شده و به سطح آب ضربه می‌زد. بنابراین می‌توان دریافت که علاوه بر جرم موج‌شکن، هندسه و ارتفاع تیغه آن نیز مهم می‌باشد.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-07-05]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1389.6.11.7.6]



شکل ۵- تیزی امواج در برابر ضریب عبوری



شکل ۶- تیزی امواج در برابر ضریب انعکاس

نمودار شکل ۶ تیزی موج را در برابر ضریب انعکاس امواج نشان می‌دهد. موج‌شکن با ارتفاع تیغه ۱۶ سانتیمتر بیشترین ضریب انعکاس را داشته و همچنین موج شکن با تیغه ۲۴ سانتیمتری عملکرد بهتری در انعکاس امواج نسبت به موج‌شکن با ارتفاع تیغه ۸ سانتیمتری داشته است. با توجه به ارتفاع ۲۴ سانتیمتری تیغه این موج شکن قادر است امواج بیشتری را نسبت به موج‌شکن با تیغه ۸ سانتیمتری انعکاس دهد اما با توجه به نیروی بیشتری که به آن وارد می‌شود سازه دوران بیشتری داشته و خود در پشت سازه تولید موج می‌نماید. به همین دلیل ضریب عبوری تقریبا یکسانی را با موج‌شکن با ارتفاع تیغه ۸ سانتیمتری نشان می‌دهد. در این شکل نیز دیده می‌شود که علاوه بر اهمیت جرم سازه در کاهش امواج عبوری ارتفاع بهینه تیغه نیز در عملکرد موج‌شکن شناور موثر است. با توجه به تفاوت جرم پانتون با تیغه های ۱۶ و ۲۴ سانتیمتری (۱/۱۳ کیلوگرم) و پانتون با تیغه های ۲۴ و ۸ سانتیمتری (۱/۱۳ کیلوگرم) موج شکن با ارتفاع تیغه ۱۶ سانتیمتری عملکرد بسیار مطلوب تری را نسبت به تیغه ۲۴ سانتیمتری نشان داده

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-07-05]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1389.6.11.7.6]

است در صورتی که پانتون با تیغه ۲۴ سانتیمتری با توجه به همین تفاوت جرم عملکرد یکسانی با موج‌شکن با تیغه ۸ سانتیمتری داشته است. با توجه به عمق ۶۰ سانتیمتری آب در آزمایشات و عملکرد مناسبتر موج‌شکن با ارتفاع تیغه ۱۶ سانتیمتری در کاهش ارتفاع امواج عبوری می‌توان نتیجه گرفت ارتفاع بهینه تیغه در این تحقیق تقریبا ۰/۲۵ عمق آب می‌باشد.

۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق ارتفاع بهینه تیغه جهت کاهش عبور امواج از موج‌شکن‌های شناور پانتونی تیغه ای با استفاده از مدل فیزیکی مورد بررسی قرار گرفته است. براساس این تحقیق نتایج مفیدی به شرح ذیل قابل استنباط است.

۱- با افزایش طول و پریود امواج ضریب عبوری بصورت نمایی افزایش می‌یابد.
۲- با افزایش تیزی موج ضریب عبوری کاهش و ضریب انعکاس افزایش می‌یابد.
۳- علاوه بر اهمیت جرم سازه در کاهش امواج عبوری ارتفاع بهینه تیغه نیز در عملکرد موج‌شکن شناور موثر است.
۴- با توجه به عمق ۶۰ سانتیمتری آب در آزمایشات و عملکرد مناسبتر موج‌شکن با ارتفاع تیغه ۱۶ سانتیمتری در کاهش ارتفاع امواج عبوری می‌توان نتیجه گرفت ارتفاع بهینه تیغه در این تحقیق تقریبا ۰/۲۵ عمق آب می‌باشد.
۵- موج‌شکن با تیغه ۲۴ سانتیمتری عملکرد بهتری در انعکاس امواج نسبت به موج‌شکن با ارتفاع تیغه ۸ سانتیمتری داشته است. با توجه به ارتفاع ۲۴ سانتیمتری تیغه این موج شکن قادر است امواج بیشتری را نسبت به موج شکن با تیغه ۸ سانتیمتری انعکاس دهد اما با توجه به نیروی بیشتری که به آن وارد می‌شود سازه دوران بیشتری داشته و خود در پشت سازه تولید موج می‌نماید. به همین دلیل ضریب عبوری تقریبا یکسانی را با موج‌شکن با ارتفاع تیغه ۸ سانتیمتری نشان می‌دهد.

۵- تقدیر و تشکر

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق، در قالب یک طرح پژوهشی در مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری جهاد کشاورزی تهیه شده است. نویسندگان مقاله وظیفه خود می‌دانند از مسئولان و کارکنان محترم مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری جهاد کشاورزی تقدیر و تشکر نمایند.

۶- مراجع

1-Carver, R.D., (1979), floating breakwater wave attenuation tests for east bay marina, Olympia harbor, Washington, Hydraulic model investigation, Thechnical report.
2-Hermanson, M.W., (2008), Physical modeling of a floating breakwater whit a membrane, Master of science thesis, Florida univ, DEPT of civil engineering.
3-Forouzande, N., (2005), Investigation of floating breakwaters performance by physical model, Master of science thesis, Sahand univ, DEPT of civil engineering. (In Persian)
4-Eshaghi, A., (2007), Investigation of Skirt height effect on mooring by physical model, Master of science thesis, KNTU univ, DEPT of civil engineering. (In Persian)

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-07-05]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1389.6.11.7.6]