بررسی آزمایشگاهی تاثیر آبخور، جرم و ارتفاع تیغه موج‌شکن شناور پانتونی تیغه‌دار بر میزان ضرایب انتقال و بازتاب در معرض امواج نامنظم

نرگس فروزنده[۱]، حبیب حکیم زاده[۲*]، پیمان آق توman[۳]، علی کرمی خانیکی[۳]

۱- دانش آموخته دانشگاه صنعتی سهند
۲- دانشیار دانشگاه صنعتی سهند
۳- عضو هیات علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

چکیده

در این تحقیق تاثیر آبخور موج‌شکن پانتونی و نیز ارتفاع تیغه موج‌شکن شناور تیغه‌دار بر میزان ضرایب انتقال و بازتاب امواج نامنظم دریا مورد بررسی قرار گرفته است. پژوهش حاضر با استفاده از روش آزمایشگاهی در فلوم موج پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری انجام شده است. امواج تابیده شده به مدل از نوع نامنظم و طیف انرژی موج مربوطه JONSWAP بوده است. همچنین محدوده ارتفاع امواج بین ۲ تا ۱۲ سانتی متر و پریودهای میانگین بین ۶۳/. تا ۱/۲۶ ثانیه در نظر گرفته شده‌اند. برای بررسی تاثیر آبخور موج‌شکن‌های پانتونی سه مدل آزمایشگاهی با عرض یکسان و آبخور مختلف ۸ ، ۱۰ و ۱۲ سانتی‌متری مورد آزمایش قرار گرفته‌اند. همچنین برای بررسی تاثیر ارتفاع تیغه، موج‌شکن‌های پانتونی با تیغه‌هایی به ارتفاع‌های ۸ ، ۱۶ و ۲۴ سانتی‌متر مورد آزمایش قرار گرفته‌اند و با وضعیت بدون تیغه مقایسه شده‌اند. در این آزمایشات عمق آب ۶۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شده است. تعداد امواج تابیده شده به مدل در هر سری از آزمایشها ۲۵۰ موج در نظر گرفته شده است.

کلمات کلیدی: موج‌شکن شناور، مدل آزمایشگاهی، ارتفاع تیغه، ضریب انتقال، ضریب بازتاب

EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON EFFECT OF DRAUGHT, MASS AND SHEET HEIGHT IN PONTOON FLOATING SHEET BREAKWATERS ON TRANSMISSION AND REFLECTION COEFFICIENTS SUBJECT TO IRREGULAR WAVES

N. Forouzandeh[1], H. Hakimzadeh[2], P. Aghtouman[3], A. Karami Khaniki[4]

1-M.Sc. in Marine structures, Faculty of Civil Eng., Sahand University of Technology
2-Associate Professor in Coastal Eng., Faculty of Civil Eng., Sahand University of Technology
3-Member of Academic Staff, Soil Conservation and Watershed Research Institute

Abstract

In this research study, effects of the draught and sheet height in pontoon floating sheet-breakwaters on the transmission and reflection coefficients against irregular sea waves was investigated. The project has been carried out using an experimental method within a wave flume of Soil Conservation and Watershed Research Institute. The incident waves were

* نویسنده مسوول مقاله hakimzadeh@sut.ac.ir

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1390.7.13.2.2]

irregular and the wave spectrum was JONSWAP. The range of wave heights varied between 2 and 12cm and their mean periods were set to be between 0.63 and 1.26 seconds. To investigate the effect of draught in pontoon breakwaters, three experimental model with similar breadth and different draughts of 8, 10 and 12 cm were tested. Also, in order to investigate effect of sheet height in pontoon sheet breakwaters, sheet heights with 8, 16 and 24 cm were examined and compared without sheet case. The water depth was set to be 60 cm. The number of waves for each test was 250.

Keywords: Floating Breakwaters, Experimental Model, Sheet Height, Transmission Coefficient, Reflection Coefficient

۱- مقدمه

در امتداد سواحل مختلف جهان تأسیسات زیادی وجود دارند که باید در مقابل امواج دریا محافظت شوند. بیشتر این تأسیسات نیاز به کاهش ارتفاع موج در حد بالایی ندارند و ایجاد موجشکن ثابت در این نقاط غیراقتصادی است. بنابراین به نظر می‌رسد که موجشکن شناور یک راه حل مناسب در ایجاد محیط بندری آرام در حد قابل قبول باشد. موجشکن‌های شناور در انجام عملیات دریایی مانند عملیات نظامی، محافظت بنادر تجاری و تفریحی، تفرجگاه‌های ساحلی و مکانهای پرورش ماهی مورد استفاده فراوان دارند. امروزه موجشکن‌های شناور پانتونی یکی از مرسوم‌ترین نوع موجشکن‌های شناور هستند که در بنادر قایق‌های تفریحی و نیز بنادر مهم مورد استفاده قرار می‌گیرند. بیشتر این موجشکن‌ها از بتن مسلح ساخته می‌شوند و طراحی سازه‌ای قطعات موجشکن به‌گونه‌ای انجام می‌شود که مونتاژ آن آسان و ارزان قیمت باشد. قطعات این موجشکن آسان تر از موجشکن‌های دیگر از یکدیگر جدا شده و حمل می‌شوند. انتقال انرژی موج تابشی از موجشکن شناور موجب ایجاد موج عبور کرده در پشت سازه می‌شود و اندازه‌گیری ارتفاع موج در پشت سازه به منزله سنجش مستقیمی از راندمان موجشکن در کاهش اثر موج است. خرابی ناشی از خستگی در اتصالات بین قطعات موجشکن، خرابی ناشی از خستگی پانتون‌های مجزا که در نقاط تمرکز تنش آنها ظاهر می‌شود و نیز خرابی سازه‌ای که در اثر ایجاد ترکهای سازه‌ای ایجاد می‌شود از جمله مسائل مطرح موجود در مورد موجشکن‌های پانتونی هستند [۱ و ۲]. مکاگنو در سال ۱۹۵۳ روابطی را جهت محاسبه ضریب انتقال موج برای یک موجشکن پانتونی توسعه داده است [به نقل از مرجع ۲]. وی برای بررسی مقدماتی و برای حالتی که موجشکن به صورت صلب مهار شده باشد و ضمن نداشتن حرکتی، موجی را نیز تولید نکند از مهارهایی مانند مهار شمع نگهدار استفاده کرد. مک کارتنی در سال ۱۹۸۵ با معرفی چهار نوع موجشکن جعبه‌ای، پانتونی، بالشتکی و مهار شده به بررسی مزایا و معایب هر کدام از آنها پرداخت [۳]. همچنین عطارزاده با انجام آزمایشهایی برروی مدل فیزیکی موجشکن شناور پانتونی به بررسی عملکرد این نوع سازه‌ها در برابر موج پرداخت [۴]. آزمایشات وی در فلوم موج پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری انجام شد و تغییرات عرض و آبخور سازه، پریود و ارتفاع موج برروی ضریب انتقال موج و با امواج نامنظم بررسی شده است. طیف موج بکار گرفته شده نیز طیف JONSWAP بوده است. جاویدی و چگینی نیز تحقیقاتی را بر روی چهار مدل آزمایشگاهی با انواع مهاربندی‌ها در این فلوم موج انجام دادند. طبق نتایج به‌دست آمده از این آزمایشات، راندمان موجشکن شناور پانتونی در مقایسه با موجشکن شناور پانتونی با دیواره انحنادار بیشتر است. همچنین راندمان موجشکن شناور کاتاماران در مقایسه با موجشکن کاتاماران با دیواره انحنائی بیشتر است. آنها نتیجه گرفتند که موجشکن‌های شناور برای پریودهای کمتر از ۳ ثانیه دارای راندمان بالایی هستند و همچنین موجشکن‌های شناور کاتاماران عملکرد بهتری دارند [۵]. همچنین رایت و همکاران در سال ۱۹۸۹ آزمایشاتی را بر روی ۱۶ مدل فیزیکی موج شکن شناور پانتونی در دانشگاه New South Wales انجام دادند. در این آزمایشات به بررسی اثر تیغه قائم و بدنه انحنادار پرداخته شده است [۶]. کار بر روی مدل فیزیکی

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1390.7.13.2.2]

موج شکن شناور Y شکل توسط مانی در سال ۱۹۹۱ در آزمایشگاه مرکز مهندسی اقیانوس انستیتو تکنولوژی هند نیز انجام گردیده است. این موج‌شکن‌ها از یک پانتون ذوزنقه‌ای با یک ردیف لوله تشکیل شده است [۷]. در سال ۱۹۹۳ ویلیام بر روی موج‌شکن‌های شناور دوتایی تحقیقاتی را انجام داد [۸]. مورالی نیز در سال ۱۹۹۷ بر روی مدل‌فیزیکی موج‌شکن شناور قفسی تحقیقاتی را در مرکز مهندسی اقیانوس هند انجام داد. این موج شکن‌ها شامل دو پانتون ذوزنقه‌ای با دو ردیف لوله نزدیک به هم هستند که فضای بین دو پانتون از یک شبکه توری به شکل قفس احاطه شده است [۹]. ویلیام و همکاران نیز در سال ۲۰۰۰ از یک روش عددی برای محاسبه پارامترهای بازتاب یک جفت پانتون شناور مجزا و با فاصله‌ای از یکدیگر استفاده کردند [۱۰]. همچنین تحقیقات آزمایشگاهی وسیعی در مورد موج‌شکن‌های شناور شیبدار انجام گرفته است که از جمله آنها می‌توان به کارهای بایرام در دانشکده فنی استانبول ترکیه اشاره کرد که نتایج آن در سال ۲۰۰۰ به چاپ رسیده است [۱۱]. به همین ترتیب می‌توان به کار نظری صورت گرفته توسط ابولعظم و جسراها اشاره نمود که بر روی رفتار هیدرودینامیکی موج شکن های شناور پانتونی تحت اثر امواج مورب در دانشگاه کاریو مصر انجام گردیده است [۱۲]. این پژوهشگران در تحقیقات خود با استفاده از فرض خطی سازی جریان، میدان سیال را به سه ناحیه سمت موج سازه، پشت سازه و ناحیه زیر سازه تقسیم نمودند. در این پژوهش کمیت های متفاوت هیدرودینامیکی مانند نیروهای محرک، جرم افزوده، ضرایب استهلاک، بازتاب و انتقال برای محدوده کاربردی از پارامترهای موج/سازه مورد مطالعه قرار گرفت. همچنین کوتاندوس و همکاران در سال ۲۰۰۴ با توسعه یک مدل ریاضی بر پایه روش عددی تفاضل محدود و با استفاده از مدل بوسینسک به مطالعه رفتار هیدرودینامیکی موج‌شکن‌های شناور ثابت و دارای حرکت روبه بالا پرداختند [۱۳]. تحقیقات آزمایشگاهی انجام یافته بر روی ضریب انتقال موج‌شکن‌های شناور توسط دنگ و همکاران در سال ۲۰۰۸ را نباید از نظر دور داشت. آنها در تحقیقات خود سه نوع موج شکن تکی، دوتایی و توری عرشه‌ای را تحت امواج منظم و در حالت‌های جریان و بدون جریان مورد آزمایش قرار داده و نوع سوم را به جهت سادگی و اقتصادی برای حفاظت و به دام‌اندازی ماهی‌ها مناسب تشخیص دادند [۱۴]. سر انجام می‌توان به تحقیقات آزمایشگاهی ونگ و سان در مورد موج‌شکن‌های شناور مشبک در سال ۲۰۱۰ اشاره نمود. سازه مورد نظر آنها از تعداد زیادی از بلوک‌های الماسی شکل به گونه‌ای ساخته شده بود که ارتفاع موج انتقال یافته و نیروی مهار را کاهش دهد [۱۵]. جزییات

یک شبکه توری به شکل قفس احاطه شده است [۹]. ویلیام و همکاران نیز در سال ۲۰۰۰ از یک روش عددی برای محاسبه پارامترهای بازتاب یک جفت پانتون شناور مجزا و با فاصله‌ای از یکدیگر استفاده کردند [۱۰]. همچنین تحقیقات آزمایشگاهی وسیعی در مورد موج‌شکن‌های شناور شیبدار انجام گرفته است که از جمله آنها می‌توان به کارهای بایرام در دانشکده فنی استانبول ترکیه اشاره کرد که نتایج آن در سال ۲۰۰۰ به چاپ رسیده است [۱۱]. به همین ترتیب می‌توان به کار نظری صورت گرفته توسط ابولعظم و جسراها اشاره نمود که بر روی رفتار هیدرودینامیکی موج شکن های شناور پانتونی تحت اثر امواج مورب در دانشگاه کاریو مصر انجام گردیده است [۱۲]. این پژوهشگران در تحقیقات خود با استفاده از فرض خطی سازی جریان، میدان سیال را به سه ناحیه سمت موج سازه، پشت سازه و ناحیه زیر سازه تقسیم نمودند. در این پژوهش کمیت های متفاوت هیدرودینامیکی مانند شکن شناور Y شکل توسط مانی در سال ۱۹۹۱ در آزمایشگاه مرکز مهندسی اقیانوس انستیتو تکنولوژی هند نیز انجام گردیده است. این موج‌شکن‌ها از یک پانتون ذوزنقه‌ای با یک ردیف لوله تشکیل شده است [۷]. در سال ۱۹۹۳ ویلیام بر روی موج‌شکن‌های شناور دوتایی تحقیقاتی را انجام داد [۸]. مورالی نیز در سال ۱۹۹۷ بر روی مدل‌فیزیکی موج‌شکن شناور قفسی تحقیقاتی را در مرکز مهندسی اقیانوس هند انجام داد. این موج شکن‌ها شامل دو پانتون ذوزنقه‌ای با دو ردیف لوله نزدیک به هم هستند که فضای بین دو پانتون از

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1390.7.13.2.2]

بیشتر در مورد تاریخچه موج‌شکن‌های شناور و نیز تحقیقات انجام شده بر روی آنها در مرجع فروزنده آورده شده است [۱۶]. در این مقاله ضمن بررسی تاثیر آبخور موج‌شکن شناور پانتونی، تاثیر اندازه و طول تیغه موج‌شکن شناور تیغه‌دار نیز بر روی ضرایب انتقال و بازتاب با استفاده از روش آزمایشگاهی مورد تحقیق قرار گرفته است.

۲- پارامترهای هیدرولیکی

در بررسی مشخصات امواج، معمولترین پارامتر بدون بعد برای بیان مشخصات موج پارامتر تیزی موج است:

$$s_{om} = \frac{H_i}{L_m} \qquad (۱)$$

که در آن داریم:

$$L_m = \frac{gT_m^{\,2}}{2\pi}\tanh(\frac{2\pi d}{L_m}) \qquad (۲)$$

در روابط (۱) و (۲) H_i ارتفاع موج تابشی (معمولاً ارتفاع موج مشخصه H_S)، L_m طول موج بدست آمده از پریود میانگین (T_m) و d عمق آب است.

تمامی سازه‌هایی که در معرض برخورد امواج قرار دارند درصدی از این امواج را باز می‌تابانند، میزان بازتاب امواج با ضریب بازتاب سازه، C_r، نمایش داده می‌شود. این ضریب نسبت ارتفاع موج بازتابی به ارتفاع موج تابشی است (یا جذر نسبت انرژی موج بازتابی به انرژی موج تابشی).

$$C_r = \frac{H_r}{H_i} = \sqrt{\frac{E_r}{E_i}} \qquad (۳)$$

همچنین میزان انتقال امواج با ضریب انتقال، C_t، نمایش داده می‌شود. این ضریب نسبت ارتفاع موج انتقالی به ارتفاع موج تابشی است و با در نظر گرفتن اینکه انرژی موج متناسب با توان دوم ارتفاع موج است، از اینرو خواهیم داشت:

$$C_t = \frac{H_t}{H_i} = \sqrt{\frac{E_t}{E_i}} \qquad (۴)$$

۳- مدل سازی آزمایشگاهی

به علت آنکه هزینه ساخت سازه‌های دریایی عموماً بسیار بالاست و به‌دلیل اهمیت این سازه‌ها از نظر اقتصادی، انجام تحلیل‌های ریاضی و عددی پیش از اجرای اینگونه سازه‌ها لازم و ضروری است. اما تحلیل‌های ریاضی و مدلهای عددی همواره قادر به ارائه اطلاعات کافی جهت تضمین عملکرد هیدرولیکی این سازه‌ها نیستند. از اینرو بررسی رفتار سازه‌های دریایی با استفاده از مدل‌های آزمایشگاهی همواره توصیه می‌شود. در عمل هر دو مطالعه پیش از اجرای سازه‌های مذکور ضرورت دارد.

در آزمایشات مربوط به مدل سازی سازه‌های ساحلی نیروی غالب، نیروی وزن یا گرانش است. از اینرو معیار مناسب برای مدلسازی، معیار فرود است و نوع جریان نیز باید کاملا آشفته در نظر گرفته شود تا بتوان از اثرات لزجت صرف نظر کرد.

۴- چیدمان مدل

آزمایشات در ابتدا بر روی سه مدل آزمایشگاهی با عرض (B) یکسان و آبخور (D)های مختلف انجام شده است. مشخصات این سری از آزمایشات در جدول ۱ ارائه شده است. در این مدلها با افزایش مناسب جرم (M) پانتون بر عمق آبخور افزوده شده است. سری دیگر آزمایشات بر روی سه مدل آزمایشگاهی موج شکن شناور با اندازه تیغه (Sk)های متفاوت انجام شده است. همه این مدلها از چوب ضد آب ساخته شدند و طرح کلی مدل‌ها با مشخص کردن علائم اختصاری مربوطه در شکل ۱ نشان داده شده است. در جدول ۲ نیز مشخصات مدلهای آزمایشگاهی پانتونی تیغه دار ارائه شده است. با توجه به جدول ۲، در روند طراحی، ارتفاع تیغه (Sk) برابر مقادیر صفر ، ۸ ، ۱۶ و ۲۴

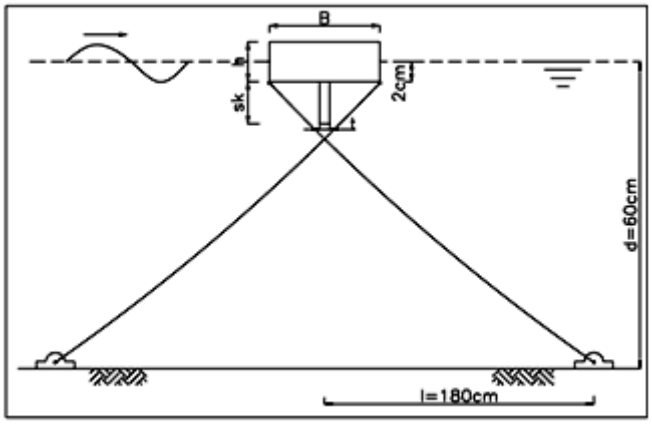
[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1390.7.13.2.2]

سانتیمتر در نظر گرفته شده است و در هر چهار مدل طول قسمت جعبه ای و طول تیغه به ترتیب برابر ۸۵ و ۸۱ سانتی متر و ارتفاع قسمت صندوقه ای (h) برابر ۸ سانتی متر در نظر گرفته شده است. به دلیل برقراری تشابه شناوری برای موج‌شکن با تیغه ۲۴ سانتیمتر از تیغه با ضخامت (t) ۱۸ میلیمتر استفاده شده و تیغه این موج‌شکن نسبت به بقیه تیغه‌ها دارای ضخامت کمتر ولی ارتفاع بیشتری بوده است. همچنین وزن این سازه از وزن موج‌شکن با تیغه ۱۶ سانتیمتر کمتر و از مو ج شکن با تیغه ۸ سانتیمتر بیشتر بوده است.

فلوم موج پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری دارای ۳۳ متر طول، ۵/۵ متر عرض و ۱/۵ متر عمق است که در انتهای آن جاذب‌های موج سنگی با شیب عمومی ۱:۸ متشکل از سنگهای شکسته شده اجرا شده است (شکل ۲). پاروی مولد موج از نوع پاروی پیستونی قائم است که به‌وسیله یک جک هیدرولیکی حرکت می‌کند. جک به‌وسیله تأمین فشار روغن از سیستم هیدرولیکی تأمین نیرو[1] که فشار معادل ۱۴۰ بار را به شیلنگهای انتقال به جک اعمال می‌کند، به جلو و عقب حرکت نموده و پارو را نیز در همان راستا به حرکت وا می‌دارد. ثبت نوسانات سطح آب توسط چهار دستگاه ارتفاع‌سنج موج در حین انجام آزمایشات با بسامد ۴۰ هرتز صورت گرفته و در رایانه ذخیره شده است. یک دستگاه ارتفاع‌سنج موج در جلوی سازه برای اندازه‌گیری امواج تابشی ترکیب شده با امواج بازتابی و یک دستگاه ارتفاع‌سنج موج در پشت سازه برای اندازه‌گیری امواج انتقالی نصب شدند. همچنین سه دستگاه ارتفاع‌سنج دیگر برای اندازه‌گیری ضرایب بازتاب در وسط فلوم نصب شدند. داده‌های برداشت شده از این سنسورها با استفاده از روش پیشنهادی منسارد [۱۸] و به وسیله نرم افزار مولد ترکیبی موج[2] تحلیل شده و ضرایب بازتاب و ارتفاع موج تابشی در جلوی سازه محاسبه شده است.

جدول ۱- مشخصات مدلهای آزمایشگاهی موج شکن پانتونی

مدلهای آزمایشگاهی	B (cm)	h (cm)	D (cm)	M (kg)
مدل ۱	24	16	8	16.3
مدل ۲	24	16	10	20.48
مدل ۳	24	16	12	24.564

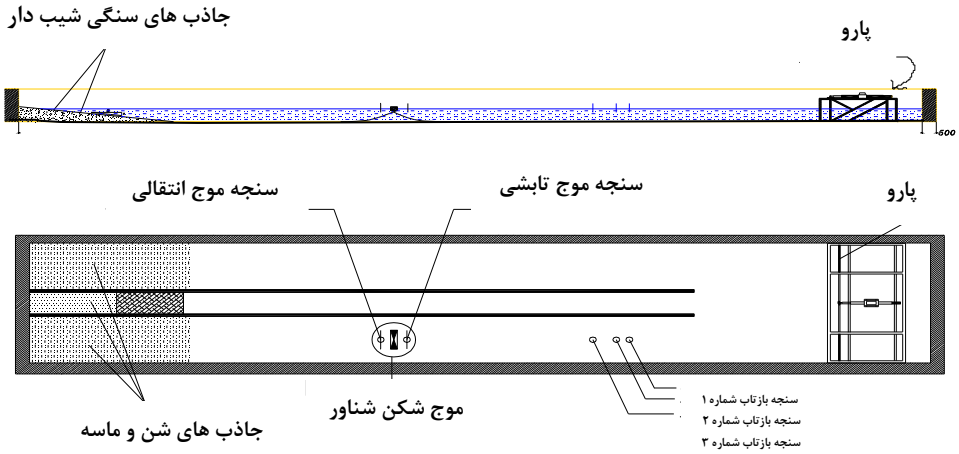


شکل ۱- طرح شماتیک مدل آزمایشگاهی با معرفی علائم اختصاری طولی

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1390.7.13.2.2]

جدول ۲- مشخصات مدلهای آزمایشگاهی موج شکن پانتونی تیغه دار

مدلهای آزمایشگاهی	B (cm)	h (cm)	Sk (cm)	t (cm)	M (kg)
مدل ۱	24	8	0	0	4.080
مدل ۲	24	8	8	3.6	6.341
مدل ۳	24	8	16	3.6	8.601
مدل ۴	24	8	24	1.8	7.471



شکل۲- مقطع طولی و پلان فلوم موج و نحوه استقرار سازه و سنسورها در پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

۵- آزمایشات مدل

امواج تابیده شده به مدل از نوع نامنظم و طیف انرژی موج مربوطه JONSWAP بوده است. محدوده ارتفاع امواج بین ۲ تا ۱۲ سانتی‌متر و پریودهای میانگین بین ۶۳/. تا ۱/۲۶ ثانیه در نظر گرفته شده‌اند. بنابراین آزمایشات مربوط به هر مدل برای بازه گسترده ای از تیزی امواج بین ۰/۰۱ الی ۰/۰۸ انجام شده است. در این آزمایشات عمق آب ۶۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شده است وتعداد امواج تابیده شده به مدل مورد نظر در هر سری آزمایش ۲۵۰ عدد در نظر گرفته شده است.

۶-تجزیه و تحلیل داده ها

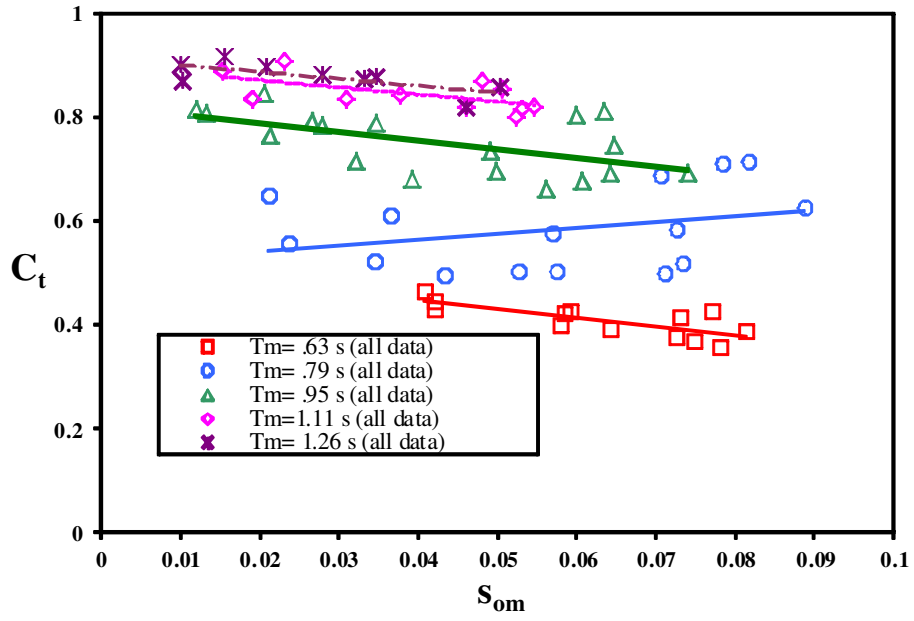
آزمایشات سری نخست در مورد تاثیر آبخور مدل-های موجشکن پانتونی نشان دادند که با افزایش تیزی موج در محدوده پریودهای مورد آزمایش ضریب انتقال سازه کاهش می‌یابد. درحین انجام آزمایشات مشاهده شد که با افزایش ارتفاع موج، حرکت سازه شدیدتر شده و مهارها کشیده تر و به صورت صلب در مقابل امواج عمل می‌کنند و به همین دلیل راندمان موجشکن افزایش پیدا می‌کند. اما برای ارتفاع موج‌های بالا و برای مدل‌های با آبخور زیاد افزایش ارتفاع موج به‌صورت معکوس باعث کاهش راندمان موجشکن می‌شود. در حین انجام آزمایشات مشاهده شد که سرریزی در این مدلها بیشتر بوده و سمت دیگر سازه به علت سرریزی امواج متلاطم می‌شود.

از طرفی نتایج نشان دادند که با افزایش آبخور سازه، ضریب انتقال کاهش می‌یابد اما ضرایب بازتاب تقریبا یکسان باقی می‌ماند. تغییرات بسیار اندک ضرایب بازتاب موج نشان می‌دهد که افزایش آبخور تأثیر زیادی برروی این ضریب ندارد و تقریباً هر سه مدل دارای ضرایب بازتاب نزدیک به هم هستند. هم چنین بر اساس نتایج این آزمایشات مشاهده می‌شود که افزایش راندمان به دلیل افزایش آبخور و بنابراین افزایش جرم سازه است. با افزایش آبخور جرم سازه افزایش یافته و جابجایی و حرکات آن تحت تأثیرامواج، کمتر از سازه سبکتر است و این جابجایی کم باعث کاهش تلاطم در

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1390.7.13.2.2]

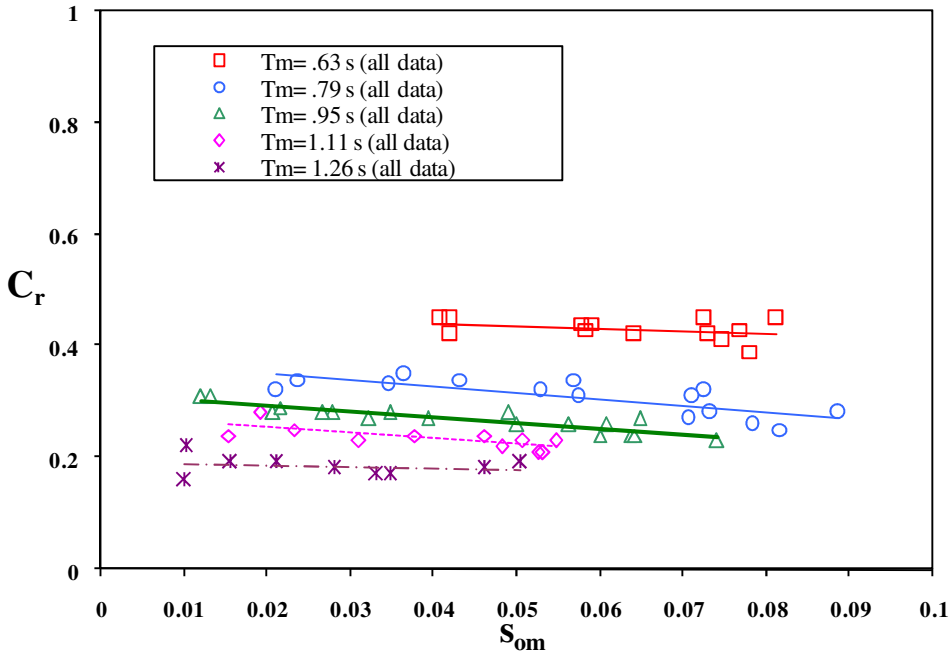
قسمت پشت سازه شده و سبب می‌شود که محیط پشت سازه نسبت به سازه‌های با آبخور کمتر نسبتاً آرام‌تر باشد.

در شکلهای ۳ و ۴ تغییرات ضرایب انتقال و بازتاب نسبت به تیزی موج با تفکیک پریود موج نشان داده شده است. در این دو نمودار تمامی داده‌های مربوط به هر سه آبخور وجود دارند. از بررسی شکل ۳ مشاهده می‌شود که ضریب انتقال مربوط به هر سه آبخور، پراکندگی زیادی را نشان می‌دهند. همچنین شکل ۴ تغییرات ضریب بازتاب را برای هر سه آبخور در پریودهای مختلف نشان می‌دهد. در این حالت پراکندگی داده‌ها در هر پریود کم بوده و به نظر می‌رسد که ضریب بازتاب مستقل از میزان آبخور بوده و برای هر سه مدل مورد آزمایش، تقریباً در یک محدوده قرار دارد. با توجه به این شکلها مشاهده می‌شود که ضریب انتقال با افزایش طول موج افزایش پیدا می‌کند. همچنین در شکلهای ۵ تا ۸ ضرایب انتقال و بازتاب امواج برحسب پارامتر بدون بعد تیزی موج و به منظور تجزیه و تحلیل داده های بدست آمده از سری دوم آزمایشات که بر روی موج شکن تیغه دار انجام گرفته ترسیم شده اند. از بررسی این شکلها مشاهده می‌شود که در تمامی آزمایشات انجام شده بر روی این مدلهای آزمایشگاهی موج‌شکن‌های شناور پانتونی با افزایش تیزی موج میزان ضریب انتقال به صورت لگاریتمی کاهش یافته و ضریب بازتاب به صورت لگاریتمی افزایش یافته است. ولی مقدار کاهش یا افزایش ضرایب انتقال یا بازتاب به مقدار نسبت ارتفاع تیغه به ارتفاع سازه بستگی دارد. از اینرو در ادامه، شکلهای تغییرات ضرایب انتقال و بازتاب به تفکیک نسبت ارتفاع تیغه به ارتفاع سازه (صندوقه) ترسیم شده‌اند (شکلهای ۹ و ۱۰). با بررسی این شکلها مشاهده می‌شود که با افزایش ارتفاع تیغه ضریب انتقال کاهش یافته و ضریب بازتاب افزایش پیدا می‌کند که می توان علت را در افزایش آبخور و جرم سازه جستجو کرد. همچنین مشاهده می‌شود که به دلیل وزن‌دار بودن تیغه‌ها، مقدار بیشتری از انرژی موج مستهلک شده و با افزایش جرم، جابجایی و حرکت سازه کاهش پیدا کرده و ضریب انتقال کاهش پیدا می‌کند. نتایج این آزمایشات نشان می‌دهد که تاثیر جرم سازه در راندمان آن موثرتر از آبخور است و چنانچه از شکل ۹ مشاهده می‌شود تیغه ۲۴ سانتیمتری با وزن کمتر از تیغه ۱۶ سانتیمتری راندمان کمتری نسبت به آن دارد و راندمان آن تقریباً با تیغه ۸ سانتیمتری برابر است.

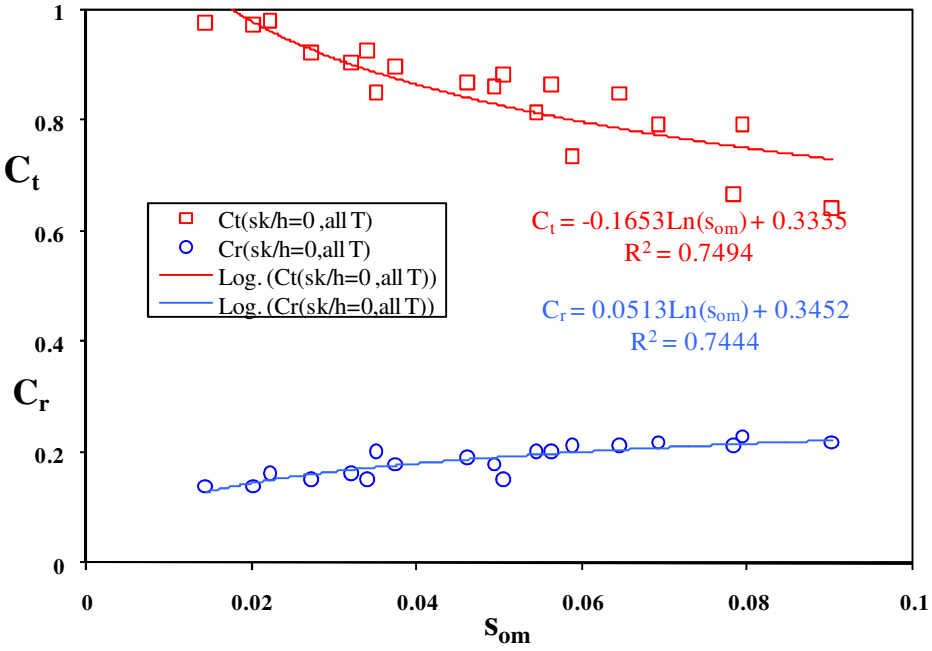


شکل ۳- ضریب انتقال موج برحسب تیزی موج برای موج‌شکن پانتونی در تمام آبخورها با تفکیک پریود موج

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1390.7.13.2.2]

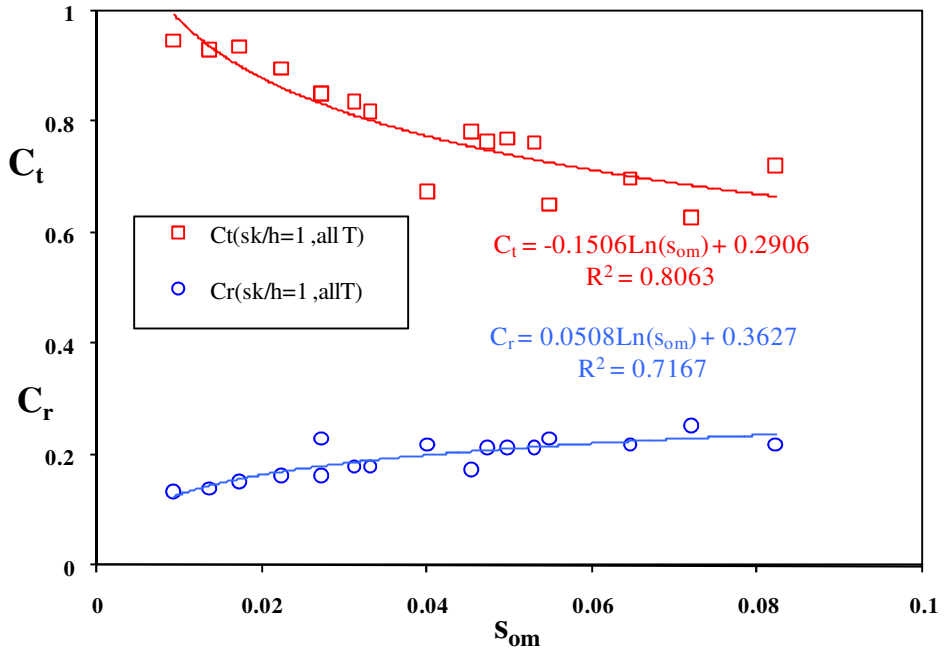


شکل ٤- ضریب بازتاب موج برحسب تیزی موج برای موج‌شکن پانتونی در تمام آبخورها با تفکیک پریود موج

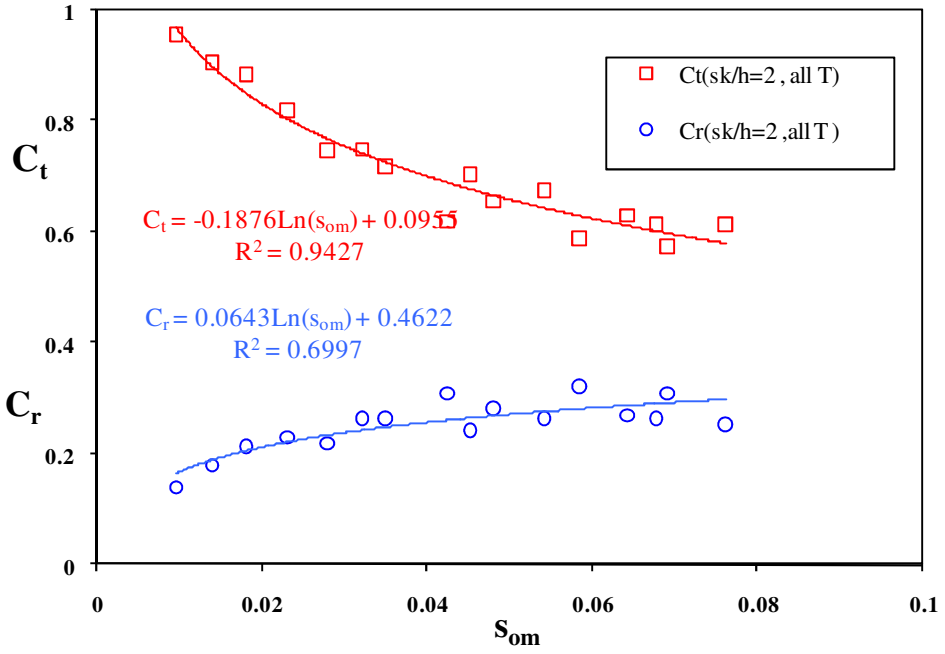


شکل ٥- تغییرات ضرایب انتقال و بازتاب موج برحسب تیزی موج برای موج شکن پانتونی با Sk/h=0

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1390.7.13.2.2]

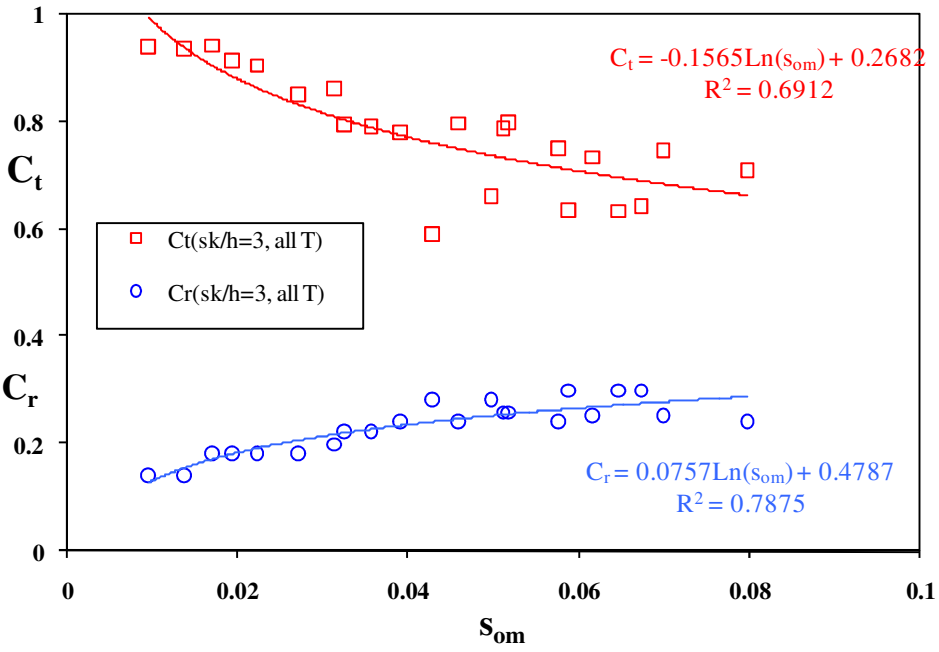


شکل ٦- تغییرات ضرایب انتقال و بازتاب موج برحسب تیزی موج برای موج‌شکن پانتونی تیغه‌دار با نسبت ارتفاع تیغه به ارتفاع سازه برابر با Sk/h= ١

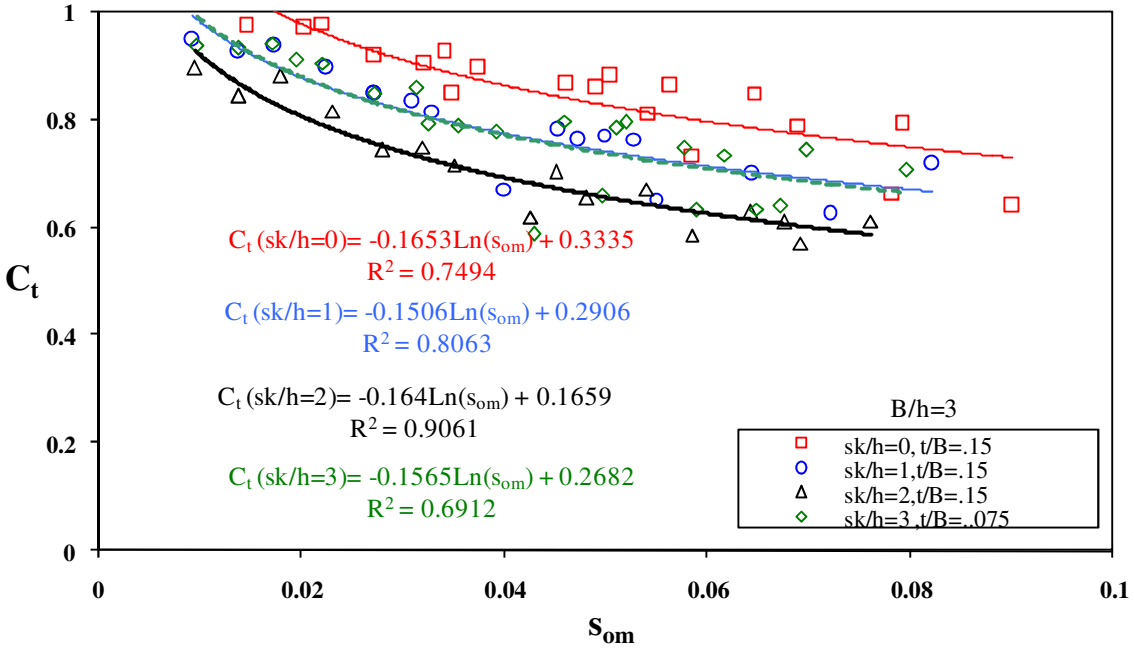


شکل ٧- تغییرات ضرایب انتقال و بازتاب موج برحسب تیزی موج برای موج‌شکن پانتونی تیغه‌دار با نسبت ارتفاع تیغه به ارتفاع سازه برابر با Sk/h=٢

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1390.7.13.2.2]

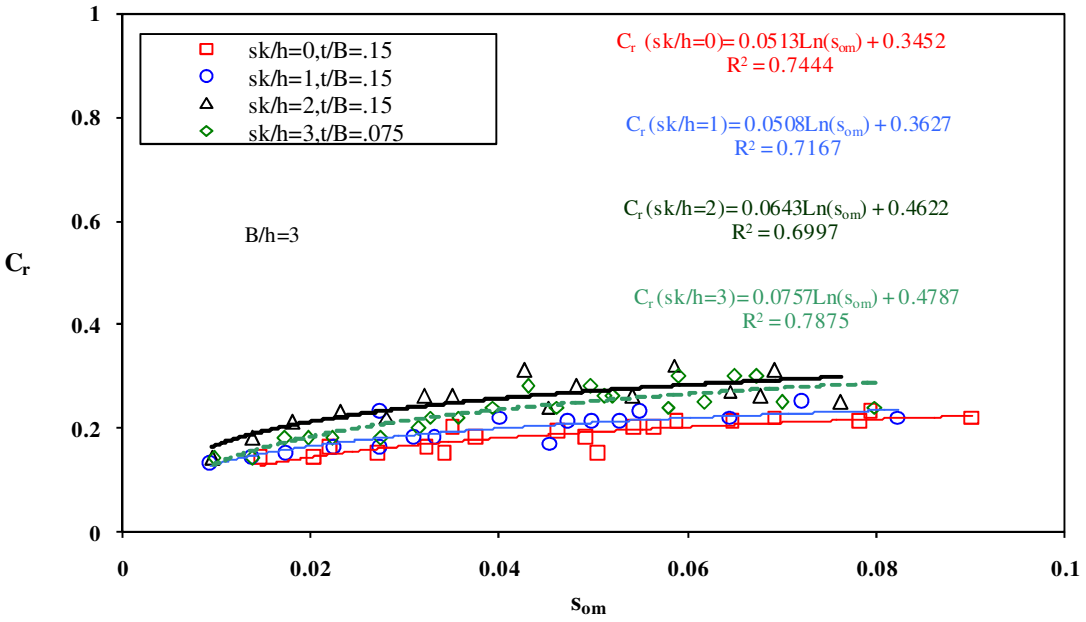


شکل ۸- تغییرات ضرایب انتقال و بازتاب موج برحسب تیزی موج برای موج‌شکن پانتونی تیغه‌دار با نسبت ارتفاع تیغه به ارتفاع سازه برابر با Sk/h= ۳



شکل ۹- تغییرات ضرایب انتقال موج برحسب تیزی موج برای موج‌شکن پانتونی تیغه‌دار با تفکیک نسبت ارتفاع تیغه به ارتفاع صندوقه

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1390.7.13.2.2]



شکل ۱۰- تغییرات ضریب بازتاب موج برحسب تیزی موج برای موج‌شکن پانتونی تیغه‌دار با تفکیک نسبت ارتفاع تیغه به ارتفاع صندوقه

۷- نتیجه گیری

در این مقاله تاثیر آبخور موج‌شکن شناور و نیز ارتفاع موج‌شکن شناور تیغه‌دار بر میزان ضرایب انتقال و بازتاب امواج نامنظم دریا با استفاده از روش مدل آزمایشگاهی ارائه شده است. امواج تابیده شده به مدل از نوع نامنظم و طیف انرژی موج مربوطه JONSWAP برای محدوده ارتفاع امواج بین ۲ تا ۱۲ سانتی متر و پریودهای میانگین بین ۶۳/. تا ۱/۲۶ ثانیه در نظر گرفته شده‌اند. در بررسی تاثیر عمق آبخور موج شکن‌های پانتونی سه مدل فیزیکی با عرض یکسان و آبخور مختلف مورد آزمایش قرار گرفته‌اند. در مورد موج شکن شناور تیغه دار نیز سه ارتفاع تیغه مورد استفاده قرار گرفته و نتایج با وضعیت بدون تیغه مقایسه شده‌اند. عمق آب ۶۰ سانتی متر و تعداد امواج تابیده شده به مدل در هر سری از آزمایشها ۲۵۰ عدد بوده است. تحلیل نتایج آزمایشات نشان می‌دهند که در تمامی مدلهای موج‌شکن‌های شناور پانتونی و در محدوده پریودهای مورد آزمایش در این پژوهش، با افزایش تیزی موج ضرایب انتقال به صورت لگاریتمی کاهش یافته و ضرایب بازتاب به صورت لگاریتمی افزایش یافته‌اند. اما مقدار کاهش یا افزایش ضرایب انتقال یا بازتاب به مقدار نسبت ارتفاع تیغه به ارتفاع سازه بستگی دارد. همچنین بررسی های دیگر نشان داد که با افزایش ارتفاع تیغه ضرایب انتقال کاهش یافته و ضرایب بازتاب افزایش پیدا می‌کنند. سرانجام نتایج این پژوهش نیز نشان می‌دهند که جرم سازه تاثیر بیشتری در راندمان موج‌شکن شناور نسبت به آبخور آن دارد.

کلید واژگان

1-Power Pack
2-Wave Sythesizer

۸- مراجع

۱- چگینی، وحید، (۱۳۷۷)، "راهنمای طراحی موج‌شکن‌ها"، شرکت تحقیقات آب و آبخیزداری
2-Tsinker, Gregory. P., (1995), "Marine Structure Engineering: Specialized Application", Chapman & Hall, International Thomson Publishing Inc.
3-McCartney, B.L., (1985), "Floating Breakwater Design", ASCE, Journal of Waterway, Ports, Coastal and Ocean Engineering, Vol.111, No.2, pp. 304-318.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1390.7.13.2.2]

۴- عطارزاده، علی، (۱۳۷۶)، "تحلیل و طراحی موج شکن‌های شناور " ، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه خواجه نصیر طوسی.
۵- جاویدی، حسین، چگینی، وحید، (۱۳۸۱)، "بررسی عملکرد و راندمان موج‌شکن شناور کاتاماران در مقابل موج‌های نامنظم با استفاده از مدل فیزیکی" ، پایان‌نامه کارشناسی دانشکده علوم و فنون دریایی.
6-Wright, M.j., Blumberg, G.P. and Cox, R.G., (1989), "Floating Breakwater Practical Performance Data", P.I.A.C-A.I.P.C.N. Bulletin.
7-Mani, J.S., (1991), "Design of Y-Frame Floating Breakwater", Journal of Waterway, Ports, Coastal and Ocean Engineering, Vol.117, No.2, pp. 105-119.
8-William, A.N., (1993), "Dual Floating Breakwaters", Journal of Ocean Engineering, Vol.20, No.3, pp. 215-232.
9-Murali, K. and Mani, J.S. (1997), "Performance of Cage Floating Breakwater", Journal of Waterway, Ports, Coastal and Ocean Engineering, Vol.123, No.4, pp. 172-179.
10-William, A.N., Lee, H.S. and Huang, Z., (2000), "Floating Pontoon Breakwaters" Journal of Ocean Engineering, Vol.27, No.3, pp. 221-240.
11-Bayram, A., (2000), "Experimental Study of Sloping Float Breakwater", Journal of Ocean Engineering, Vol.27, No.4, pp.445-453.
12-Abul-Azm, A.G. and Gesraha, M.R., (2000), "Approximation to the Hydrodynamics of Floating Pontoons under Oblique Waves", Journal of Ocean Engineering, Vol.27, No.4, pp.365-384.
13-Koutandos, E.V., Karambas, T.V. and Koutitas, C.G., (2004), "Floating Breakwater Response to Waves Action Using a Boussinesq Model Coupled with a 2DV Elliptic Solver", Journal of Waterway, Ports, Coastal and Ocean Engineering, ASCE, Vol.30, pp. 243-255.
14-Dong, G.H., Zheng, Y.N., Li, Y.C., Teng, B., Guan, C.T. and Lin, D.F., (2008), "Experiments on Wave Transmission Coefficients of Floating Breakwaters", Journal of Ocean Engineering, Vol.35, No.8-9, pp. 931-938.
15-Wang, H.Y. and Sun, Z.C., (2010), "Experimental Study of a Porous Floating Breakwaters", Journal of Ocean Engineering, Vol.37, No. 5-6, pp. 520-527.
۱۶- فروزنده، نرگس، (۱۳۸۴)، "بررسی عملکرد موج‌شکن‌های شناور پانتونی با استفاده از مدل‌های فیزیکی" ، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی سهند.
17-Hughes, S.A. (2004), "Physical Models and Laboratory Techniques in Coastal Engineering", Advanced Series on Ocean Engineering.
18-Mansard, E.P.D. and Funkej, E.R., (1980), "The Measurement of Incident and Reflected Spectral Using a Least Squares Method", Proceeding of 17th Coastal Engineering Conference, Sydney, Australia.
19-McCartney, B.L., (1985), "Floating Breakwater Design", ASCE, Journal of Waterway, Ports, Coastal and Ocean Engineering, Vol.111, No. 2, pp. 304-318.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.17357608.1390.7.13.2.2]