

مطالعه عددی اثر آبشکن‌های مستغرق بر الگوی امواج (مطالعه موردی: دهنه سر سفیدرود)

حامد افسوس بی‌ریا^۱، میراحمد لشته‌نشایی^{۲*}، عطالله غبرایی^۳ و میرعبدالحمید مهرداد^۲
^۱ کارشناس ارشد مهندسی سازه‌های دریایی، دانشکده فنی مهندسی، گروه عمران، دانشگاه گیلان
^۲ دانشیار دانشکده فنی و مهندسی، گروه عمران، دانشگاه گیلان
^۳ دانشور دانشکده فنی و مهندسی، گروه عمران، دانشگاه گیلان

چکیده

ساخت آبشکن‌های مستغرق یکی از جدیدترین روش‌ها در تثبیت سواحل بوده و کمتر مورد توجه محققین قرار گرفته است. دانش عملی طراحی آبشکن‌های مستغرق و اثرات آن بر موج انتقالی، جریان و تغییرات خط ساحلی کافی نبوده و در حال توسعه می‌باشد. تاکنون تحقیقات زیادی برای درک بهتر الگوی امواج برای آبشکن‌ها صورت گرفته است، اما مطالعات در مورد آبشکن‌های مستغرق در یک محدوده ساحلی، کمتر مورد توجه بوده است. از آنجایی که مسئله تثبیت و احیای سواحل از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد، ضرورت مطالعات بیشتر در این زمینه احساس می‌شود. بنابر این دستیابی به پارامترهای موج در محدوده منطقه دهنه سر سفیدرود با استفاده از مدل‌سازی عددی می‌تواند اطلاعات مفیدی در زمینه طراحی و جانمایی آبشکن‌ها، ملاحظات محیط زیستی، رسوب و فاکتورهای عمده در اختیار قرار دهد. در این پژوهش، با شبیه‌سازی عددی الگوی امواج به کمک نرم‌افزار Mike 21 در اطراف آبشکن‌های مستغرق و مقایسه آن با آبشکن‌های غیر مستغرق، به مطالعه استهلاک انرژی ناشی از تشکیل چرخابه‌ها و بررسی ارتفاع امواج تشکیل شده در حوالی سازه پرداخته شده است. در این مطالعه، هدف اصلی بررسی تأثیر ارتفاع تاج آبشکن بر ارتفاع امواج بوده است که نتایج بیانگر این هستند که با افزایش تراز تاج آبشکن در بالادست سازه با افزایش ارتفاع امواج روبرو هستیم و در محدوده میان آبشکن‌ها این ارتفاع کاهش یافته در نتیجه می‌تواند سبب تجمع بیشتر رسوبات گردد.

واژگان کلیدی: آبشکن مستغرق و غیر مستغرق، الگوی امواج، دهنه سر سفیدرود، تاج آبشکن.

۱- مقدمه

برای حفاظت ساحل مورد استفاده قرار می‌گیرند، در حال حاضر تغییرات الگوهای امواج نسبت به این سازه‌ها به خوبی مشخص نیست. امروزه شبیه‌سازی و مدل‌های رایانه‌ای جهت مطالعه الگوی تغییرات الگوی امواج و انتقال رسوب ساحل در مجاورت سازه دریایی به منظور کاهش استفاده از بررسی‌های تجربی و آزمایشگاهی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در مطالعه حاضر مدل Mike 21 برای پیش‌بینی موج در دهنه سر سفیدرود مورد استفاده قرار گرفته است.

متغیر بودن شرایط آب و هوایی، محدودیت‌های اندازه‌گیری، عدم دسترسی به محل در مورد مطالعات میدانی، محدودیت‌های مربوط به ابعاد و دقت تجهیزات آزمایشگاهی و انتخاب مناسب پارامترهای فیزیکی از بزرگترین مشکلات تحقیقات تجربی می‌باشند. علاوه بر تمامی موارد ذکر شده، هزینه زیاد این تحقیقات نیز افزون بر مشکلات فوق خواهد بود. محدودیت‌ها و مشکلات ذکر شده در مطالعات تجربی از یک طرف و پیشرفت‌های صورت گرفته در زمینه محاسبات کامپیوتری از طرف دیگر، سبب شده است تا شبیه‌سازی تغییرات الگوی امواج و جریان‌های دریایی و

سازه‌های دریایی همانند آبشکن‌ها، دیواره‌های دریایی و موج شکن‌های جدا از ساحل، به منظور بهبود تثبیت ساحل در برابر فرسایش ناشی از تغییرات الگوهای امواج و جریان در سواحل ساخته می‌شوند. بدین ترتیب مکانیزم‌های دریایی برای سازه‌های هیدرولیکی نیاز به مطالعه جدی‌تری دارند. با افزایش ساخت و ساز در سواحل کشور و پیشروی آب دریا استفاده از سازه‌های حفاظتی برای حفظ و نیز احیای سواحل دریا مورد توجه می‌باشد. از جمله سازه‌های حفاظت ساحلی آبشکن‌ها هستند که در مهندسی سواحل برای حفاظت و تثبیت ساحل استفاده می‌شوند. این سازه‌ها به لحاظ ساختاری، ساده بوده و دارای کاربرد وسیعی در طرح ساماندهی سواحل و تثبیت کناره‌ها می‌باشند. از این رو بررسی و شناخت فرایند تغییرات الگوی امواج در محدوده آبشکن‌ها از جنبه‌های مختلف طراحی، حفاظت و نگهداری دارای اهمیت فراوانی است. این سازه به صورت مستغرق نیز می‌تواند استفاده شود و حفاظت لازم را برای ساحل بدون هیچ تأثیر منفی در زیبایی منطقه فراهم آورد. اگرچه سازه‌های مستغرق

۳- داده‌های مورد استفاده

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل موقعیت جغرافیایی منطقه، عمق سنجی کف، اطلاعات امواج آب‌های عمیق (ارتفاع، پریود و جهت امواج) و زبری بستر می‌باشند که هر کدام پس از مطالعات و بررسی‌های دقیق به مدل‌های عددی مورد نظر اعمال شدند.

۳-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه

روستای دهنه سر سفید رود در کنار دریای خزر و در شمال شهرستان آستانه اشرفیه و شرق بندر کیشهر قرار دارد. فاصله روستا با شهرستان لاهیجان و آستانه اشرفیه حدود ۳۸ کیلومتر می‌باشد. این روستا از طرف شمال به دریا و از طرف جنوب به روستای حسنعلی‌ده و از شرق به روستای جیرباغ و از غرب به روستای دستک و لوخ منتهی می‌شود. دهنه سر سفید رود جزء دهستان دهکاء و دهستان مذکور جزء بندر کیشهر می‌باشد.



شکل ۱- تصویر ماهواره‌ای منطقه دهنه سر سفیدرود



شکل ۲- موقعیت ساحل منطقه دهنه سر سفیدرود

(تابستان ۱۳۹۱)

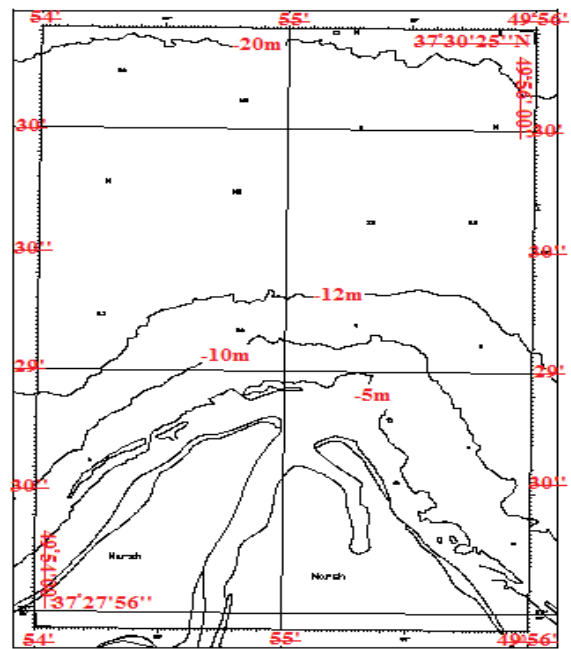
همچنین تغییر شکل سواحل پس از احداث سازه‌های دریایی در سالیان اخیر بیشتر مورد توجه قرار گیرد. البته لازمه استفاده از این مدل‌ها این است که به خوبی بتوانیم شرایط طبیعی منطقه را شبیه‌سازی نماییم. باید ذکر شود که نرم‌افزار مؤسسه هیدرولیک دانمارک (DHI) همانند Mike 21 به طور گسترده-ای در سازمان‌های علمی و مشاوره در ایران جهت پیش‌بینی رویدادهای دریایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از جمله مطالعات مهم صورت گرفته با استفاده از این بسته نرم‌افزاری می‌توان به مطالعه پیش‌بینی امواج در اقیانوس هند با استفاده از نرم‌افزار Mike 21-SW که توسط Remya و همکاران [۱] انجام پذیرفت، اشاره کرد. آن‌ها تأثیر شرایط امواج اقیانوس جنوبی بر شرایط امواج اقیانوس شمالی هند را مورد مطالعه قرار دادند و مطالعه آن‌ها بیانگر این بود که مدل Mike 21-SW قادر به ارائه شبیه‌سازی با کیفیت خوب در مناطق دریایی و ساحلی است. Babou و همکاران [۲] با استفاده از مدول هیدرودینامیکی Mike 21 جریان‌های ناشی از امواج و جزر و مد را در خلیج کاجه هندوستان شبیه‌سازی و مورد بررسی قرار دادند. Saavedra و همکاران [۳] با استفاده از مدول هیدرودینامیک Mike 21 به بررسی الگوی جریان در رودخانه جزر و مدی سان-جان ونزوئلا پرداختند.

۲- روش تحقیق

در بررسی طراحی سازه‌های دریایی و نیز مطالعه پدیده رسوب‌گذاری در ناحیه ساحلی، از آن‌جا که ورود امواج از منطقه عمیق به نزدیک ساحل باعث تغییر مشخصات اصلی آن می‌شود، لازم است مشخصات امواج در نزدیک ساحل تعیین شود. دلیل آن نیز تأثیر پدیده‌هایی همچون کم عمقی، انعکاس، انکسار و ... می‌باشد. بدین منظور پس از جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز، برای مدل‌سازی دو بعدی امواج منطقه از نرم‌افزار Mike 21-SW استفاده شد. این ماژول امکان شبیه‌سازی هیدرولیک و پیش‌بینی پدیده‌ها در سواحل، دریاچه‌ها، خلیج‌ها و نواحی دریایی که در آن‌ها لایه جریان قابل صرف نظر (فرض همگنی در عمق) است، را دارا می‌باشد. پس از بررسی تغییر مشخصات امواج در منطقه دهنه سر سفیدرود و مقایسه آن‌ها با یکدیگر به مطالعه ضریب انتقال امواج با حضور آبشکن‌های با ابعاد تاج مختلف پرداخته شد و پارامترهای تأثیرگذار بر آن با یکدیگر مقایسه گردیدند.

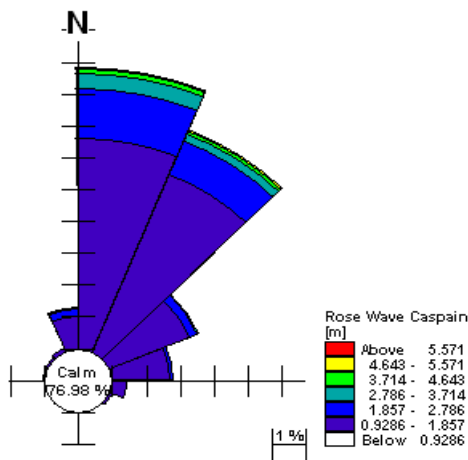
۲-۳- عمق سنجی کف

هیدروگرافی منطقه از اولین و اساسی ترین اطلاعات ورودی به مدول SW جهت تهیه فایل شبکه بندی و عمق سنجی می باشد و این اندازه گذاری ها معمولاً اطلاعات اساسی مورفولوژیکی را تعیین می کنند. در این مطالعه، نقشه هیدروگرافی منطقه دهنه سر سفیدرود (۱۹۹۱) که از سازمان نقشه برداری ایران با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ (به علت تعداد نقاط برداشت بیشتر نسبت به نقشه های دیگر) تهیه گردید، استفاده شده است.



شکل ۳- تصویر نقشه هیدروگرافی منطقه [۴]

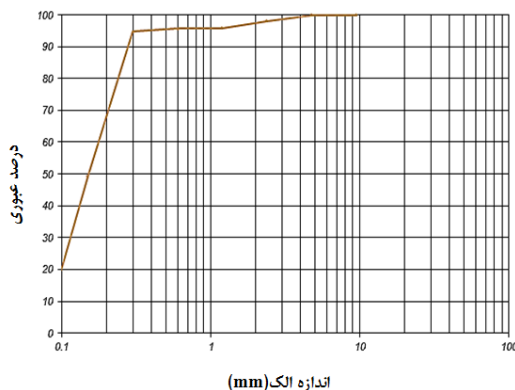
SW نرم افزار Mike 21 که یک مدل ریاضی نسل سوم تبدیل باد به موج است، موج ناشی از میدان باد گسترده روی سطح دریا خزر محاسبه شده است. کالیبراسیون مدل و همچنین صحت-سنجی نتایج مدل پس از اجرا به کمک داده های موج و باد، اندازه گیری شده و صحت نتایج نیز به نحو مطلوبی صورت پذیرفته است. پس از اجرای مدل، تحلیل آماری نتایج آن با استفاده از نرم افزار EVA انجام شده و مشخصات آماری موج با دوره های بازگشت مختلف در یک پایگاه اطلاعاتی ذخیره و آماده ارائه گردیده است.



شکل ۴- گل موج بر اساس نتایج ISWM [۵]

۴-۳- زبری بستر

برای به دست آوردن ضریب زبری تعداد ۱۰ نمونه خاک، از قسمت های مختلف بستر دریا، مورد مطالعه برداشت گردید. با استفاده از نمونه های برداشت شده منحنی دانه بندی نمونه در آزمایشگاه خاک دانشگاه گیلان تهیه و با استفاده از منحنی به دست آمده، d_{50} یعنی قطر متوسط ذرات بر حسب میلی متر تعیین گردید. شکل (۵) منحنی دانه بندی را نشان می دهد.



شکل ۵- منحنی دانه بندی ذرات بستر

۳-۳- مشخصات مربوط به امواج آب های عمیق

اطلاعات و مشخصات مربوط به امواج آب های عمیق در محدوده مورد مطالعه شامل ارتفاع، پرید و جهت موج بر اساس نتایج پروژه ISWM به عنوان داده های ورودی مدل مورد استفاده قرار گرفته است. پروژه فاز دوم مدل سازی امواج دریاهای ایران برای دریای خزر توسط سازمان بنادر و کشتیرانی تعریف و مرکز ملی اقیانوس شناسی به همراه مؤسسه تحقیقات هیدرولیک دانمارک آن را به مرحله اجرا در آوردند. در فاز دوم این پروژه که بازه زمانی زانویه ۱۹۹۲ تا آگوست ۲۰۰۳ را پوشش می دهد، ابتدا داده های مورد نیاز برای مدل سازی از قبیل داده های باد (اندازه گیری ماهواره ای، ایستگاه های سینوپتیک و خروچی های مدل های هواشناسی)، داده های موج (ماهواره ای و بویه ای)، اطلاعات عمق سنجی، جزر و مد، تغییرات تراز آب دریا، یخبندان و ... جمع آوری و تحلیل گردید و پس از آن با استفاده از مدول

$$\frac{\partial E}{\partial t} + \frac{\cos \theta}{C} \frac{\partial (ECC_g)}{\partial x} + \frac{\sin \theta}{C} \frac{\partial (ECC_g)}{\partial y} + \frac{C}{C_g} \left(\sin \theta \frac{\partial C}{\partial x} - \cos \theta \frac{\partial C}{\partial y} \right) \frac{\partial E}{\partial \theta} = S \quad (4)$$

در عبارت فوق، جملات سمت چپ انتقال امواج را نشان می‌دهند و در این قسمت معادله، اثرات انکسار، کم عمقی و پشته کردن امواج لحاظ می‌شود. اما سمت راست معادله، ترم‌های چشمه و چاه انرژی می‌باشند که عبارتند از انرژی ورودی حاصل از باد، اندرکنش غیر خطی مؤلفه‌های موج و افت انرژی حاصل از شکست موج. معادله بقای موج در مختصات کارتزین به صورت زیر می‌باشد:

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \nabla \cdot (\bar{V}N) = \frac{S}{\sigma} \quad (5)$$

$$N = \frac{\sigma}{E} \quad (6)$$

که در آن داریم:

$N(\bar{x}, \sigma, \theta, t) =$	چگالی عمل موج
$E(\sigma, \theta) =$	چگالی انرژی موج
$\bar{V} = (C_x, C_y, C_\theta, C_\sigma) =$	سرعت انتشار موج
$\sigma =$	فرکانس زاویه ای موج
$\theta =$	جهت انتشار موج نسبت به قائم
$S =$	ترم منبع برای موازنه معادله
$x, y =$	مختصات دکارتی در حالت دو بعدی
$C =$	سرعت انتشار موج
$C_g =$	سرعت گروهی موج

۵- فرآیند مدل‌سازی ریاضی

۵-۱- تحلیل حساسیت مدل‌ها

معمولاً برای صحت‌سنجی مدل‌های عددی، مدل ساخته شده با توجه به اطلاعات موجود برای یک دوره زمانی تهیه و اجرا شده و پس از تحلیل حساسیت پارامترهای مختلف آن و نزدیک شدن نتایج به واقعیت، مدل برای دوره زمانی دیگری اجرا و نتایج حاصل با اطلاعات میدانی موجود در آن دوره مقایسه و دقت یا عدم دقت مدل تعیین می‌شود. در پژوهش حاضر، با توجه به کمبود اطلاعات میدانی مناسب، برای کالیبراسیون مدل ساخته شده، استفاده از کلیه داده‌های در دسترس در این زمینه

برای یافتن زبری بستر از رابطه (۱)، استفاده شده است [۶]:

$$K_n = (2.5 \approx 10)d_{50} \quad (1)$$

برای تعیین شرایط مطلوب و تطابق با داده‌های اندازه‌گیری شده، میزان ضریب زبری بستر در منطقه مورد مطالعه برابر رابطه زیر در نظر گرفته شده است.

$$K_n = 5.5d_{50} \quad (2)$$

که با توجه به قطر متوسط ذرات یعنی d_{50} منطقه برای زبری بستر خواهیم داشت:

$$K_n = 5.5(0.16 \times 10^{-3}) = 0.00088m \quad (3)$$

۴- روابط حاکم بر مدل ریاضی Mike 21-SW

پیش‌بینی و تخمین امواج در فعالیت‌های مختلف نواحی ساحلی در پنج دهه اخیر با به کارگیری مدل‌های ریاضی مبتنی بر معادله بقای انرژی دارای پیشرفت‌های چشمگیری بوده است. این مدل‌ها نیز به نوبه خود دستخوش تغییرات بسیاری شده‌اند که پیشرفته‌ترین آن‌ها مدل‌های طیفی نسل سوم نظیر Mike 21-SW می‌باشد. مبنای این مدل برای پیش‌بینی موج، حل معادله انتقال انرژی همراه با ترم‌های چشمه و چاه می‌باشد. به منظور لحاظ کردن طبیعت تصادفی امواج دریا، معادله انتقال انرژی موج در این مدل در شکل طیفی آن در نظر گرفته شده است. این نرم‌افزار توانایی بالایی در شبیه‌سازی پدیده‌های مربوط به موج دارد، که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود [۷]:

- رشد و توسعه موج در آب عمیق
- انکسار موج
- پشته کردن و شکست موج در آب کم عمق
- لحاظ نمودن توأم امواج آب عمیق و امواج باد
- سفیدک رأس موج
- اندرکنش غیر خطی موج-موج

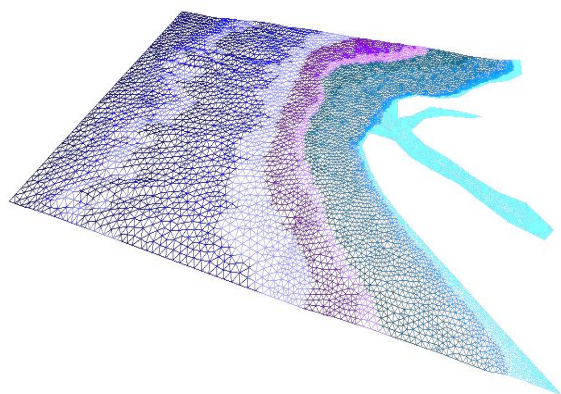
اساس محاسبه و تعیین مشخصات امواج در مدل‌های ریاضی پیش‌بینی موج از جمله SW، حل معادلات پایستگی انرژی طیفی به صورت منقطع در بعد مکانی، زاویه‌ای و فرکانسی است.

۴) مساحت شبکه‌های نامنظم مثلثی در قسمت دور از ساحل ۶۰۰۰ متر مربع و در قسمت‌های نزدیک به ساحل حداکثر ۲۰۰۰ متر مربع انتخاب شده است.

کلیه پارامترها در مرحله تعیین شبکه بهینه ثابت فرض شده‌اند و برای هر شبکه‌بندی پس از اجرای مدل، پارامتر ارتفاع موج مورد بررسی قرار گرفت که در نهایت شبکه‌بندی شماره ۳ به عنوان شبکه بهینه مورد انتخاب قرار گرفت. قابل ذکر است در نرم‌افزار Mike21، اندازه شبکه‌ها پس از تصحیح شدن کوچک‌تر نیز می‌شوند. بنابر این با توجه توضیحات فوق شبکه‌بندی انتخاب شده در این مدل‌سازی شامل سه اندازه ریز، متوسط و درشت می‌باشد. شکل (۶) شبکه بهینه انتخاب شده محدودده مورد نظر را نشان می‌دهد.

جدول ۱- ارتفاع موج برای شبکه‌بندی‌های مختلف

شماره شبکه‌بندی	مختصات جغرافیایی نقطه مورد نظر (m)		ارتفاع موج (m)	درصد خطا نسبت به شبکه بندی بعدی
	طول	عرض		
۱	-۳۵۳۷	-۵۱۰	۱	٪۲۰
۲	-۳۵۳۷	-۵۱۰	۱/۲	٪۸/۳۳
۳	-۳۵۳۷	-۵۱۰	۱/۳	٪۳/۸۴
۴	-۳۵۳۷	-۵۱۰	۱/۳۵	-----



شکل ۶- شبکه‌بندی بهینه

۶- روش حل و تعیین گام زمانی حل معادلات

در شبیه‌سازی مدل‌های عددی مورد نظر، به منظور افزایش دقت در حل معادلات از روش انتقال امواج استفاده شده است. در این شبیه‌سازی‌ها تعیین گام زمانی حل معادلات یکی از مراحل

مورد توجه بوده و در نزدیک کردن مدل ساخته شده به واقعیت، تحلیل حساسیت پارامترهای مؤثر در محدوده مجاز نرم‌افزار و سعی و خطا مد نظر قرار گرفته است. در واقع، هدف اصلی در این بخش به دست آوردن پارامترهای لازم برای مدل‌سازی، با اعتماد قابل قبول بوده است. ارتفاع موج در نقاط مختلف دریا در مدل‌های ایجاد شده، معیار حساسیت‌سنجی پارامترها در نظر گرفته شده و مقادیر ارتفاع موج برای محدوده وسیعی از دریا کنترل شده است.

۵-۲- پارامترهای مهم کالیبراسیون مدل‌ها

با توجه به این که تعیین زبری بستر و اندازه شبکه محاسباتی نامناسب می‌تواند باعث تغییرات زیادی در نتایج به دست آمده شود، بنابر این این دو پارامتر از جمله پارامترهای مهمی می‌باشند که نقش کلیدی جهت نزدیک شدن به نتایج واقعی را ایفا می‌کنند. البته این نکته می‌بایست مورد توجه قرار گیرد که انتخاب اندازه شبکه محاسباتی در مقایسه با زبری بستر که از طریق مراحل میدانی و آزمایشگاهی تعیین می‌شود، نیاز به دقت بیشتری دارد.

۵-۳- اندازه شبکه محاسباتی

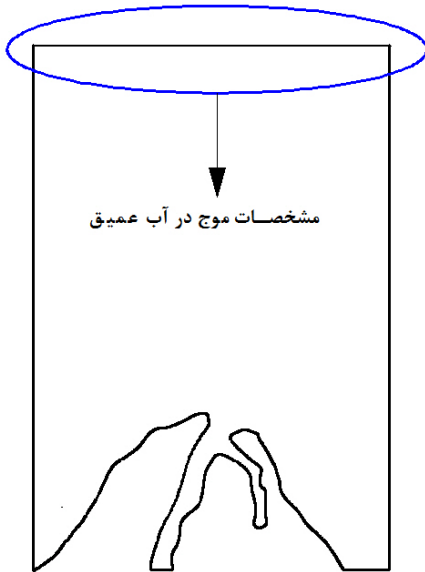
یکی از مراحل مهم در مدل‌سازی‌های عددی، یافتن شبکه‌های بهینه می‌باشد. چنانچه با تغییر اندازه شبکه، نتایج حاصل تغییر کند، مسلماً انتخاب شبکه اشتباه بوده است، زیرا شبکه انتخابی باید مستقل از نتایج باشد. بنابر این یک شبکه بهینه، بزرگ‌ترین شبکه‌ای می‌باشد که در شبکه‌های کوچک‌تر از آن، نتایج تغییر نکند. در فرایند مدل‌سازی این پژوهش، به منظور تعیین شبکه بهینه، چهار نوع شبکه‌بندی مختلف انتخاب گردید و پس از اجرای مدل‌ها، پارامتر ارتفاع موج به عنوان پارامتر مبنا جهت کالیبراسیون مدل در نظر گرفته شد. انتخاب این شبکه‌ها به شرح زیر می‌باشد:

- ۱) مساحت شبکه‌های نامنظم مثلثی در قسمت دور از ساحل ۱۵۰۰۰ متر مربع و در قسمت‌های نزدیک به ساحل حداکثر ۵۰۰۰ متر مربع انتخاب شده است.
- ۲) مساحت شبکه‌های نامنظم مثلثی در قسمت دور از ساحل ۱۲۰۰۰ متر مربع و در قسمت‌های نزدیک به ساحل حداکثر ۴۰۰۰ متر مربع انتخاب شده است.
- ۳) مساحت شبکه‌های نامنظم مثلثی در قسمت دور از ساحل ۹۰۰۰ متر مربع و در قسمت‌های نزدیک به ساحل حداکثر ۳۰۰۰ متر مربع انتخاب شده است.

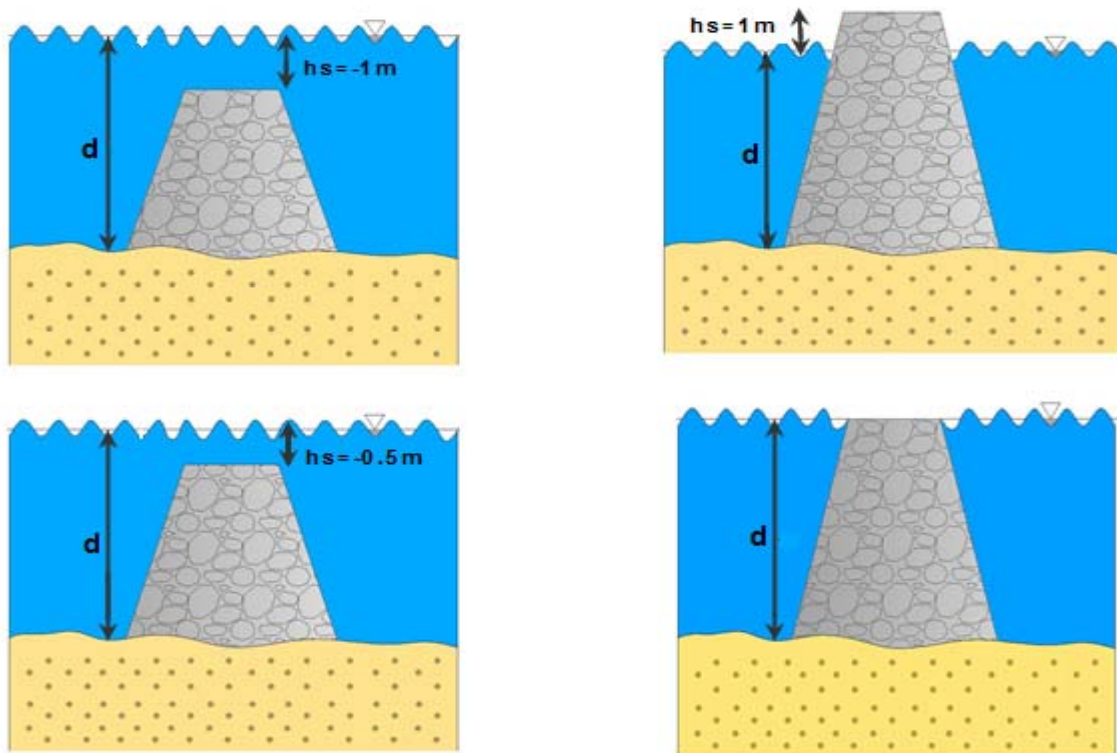
مهم در برپایی مدل می باشد و مقدار آن بستگی به ابعاد شبکه بندی و سرعت گروهی امواج دارد. افزایش گام زمانی از سویی باعث کاهش مدت تحلیل مدل و کاهش دقت شبیه سازی و از سوی دیگر باعث افزایش امکان ناپایداری مدل می گردد. در مدل های مورد نظر در این مطالعه، گام زمانی برابر ۳۶۰۰ ثانیه تعریف شده است.

۷- مطالعات مشخصات امواج

در این بخش، مشخصات امواج در حالت بدون احداث سازه و با احداث سازه مورد بررسی قرار گرفته است. در حالت با احداث سازه، از ۴ نوع آبشکن با تاج مختلف استفاده گردید که طول آبشکن ها برابر ۱۰۰ متر، عرض تاج ۸ متر و شیب ۱ به ۲/۵ در نظر گرفته شده اند. در این بررسی، محدوده محاسباتی قسمتی از ناحیه بالادست سازه به صورت مختصات نقطه ای و همچنین به صورت یک خط در محدوده آبشکن های غربی و شرقی که بیانگر ارتفاع امواج با فاصله از ساحل می باشد در نظر گرفته شده است. قابل ذکر است که مشخصات موج در آب عمیق به صورت شکل (۷) برای مدل سازی در نظر گرفته شده است. شکل (۸) آبشکن های مستغرق و غیر مستغرق مدل شده در این تحقیق را نشان



شکل ۷- محل وارد کردن شرایط موج آب عمیق

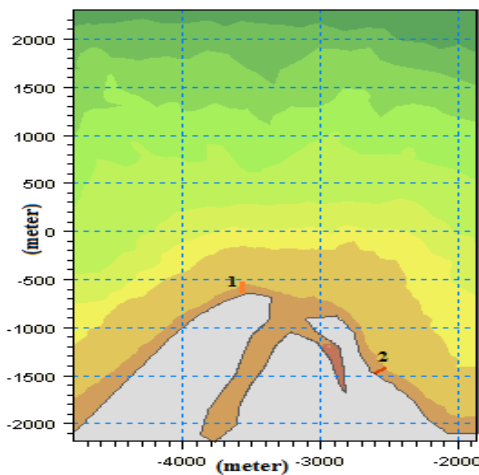


شکل ۸- آبشکن های غیر مستغرق و مستغرق مدل شده

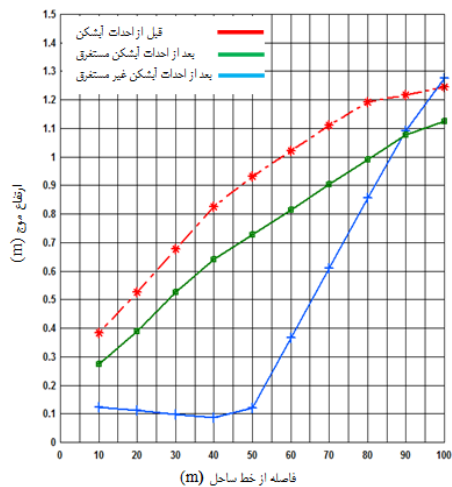
نمایند. اما برای آبشکن‌های مستغرق پدیده انعکاس با افزایش یا کاهش ارتفاع تاج قابل نظر کردن است، زیرا اختلاف ارتفاع امواج برای آبشکن‌های با تاج ۰/۵- و ۱- بسیار ناچیز می‌باشد. اما با تغییر سازه از آبشکن مستغرق به غیر مستغرق، پدیده انعکاس امواج به طور قابل توجهی قابل مشاهده است.

۷-۲- مطالعه مشخصات امواج به کمک مختصات خطی

به منظور درک بهتر تأثیر تغییرات ارتفاع، در این بخش با توجه به مطالب ارائه شده در بخش‌های قبلی ارتفاع امواج در حالت‌های قبل از احداث آبشکن و پس از احداث آبشکن‌های مستغرق (۰/۵ متر زیر سطح آب) و غیر مستغرق (هم سطح آب) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. خطوط انتخابی برای اندازه‌گیری ارتفاع موج در شکل (۱۱) نشان داده شده‌اند و نتایج حاصل در شکل‌های (۱۲) و (۱۳) ارائه گردیده‌اند.



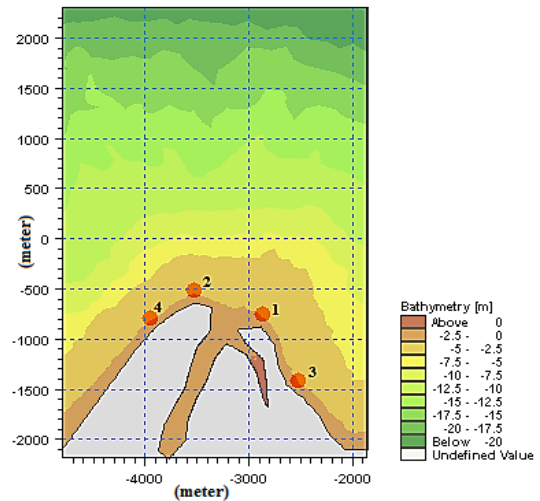
شکل ۱۱- نمایش خطوط اندازه‌گیری شده



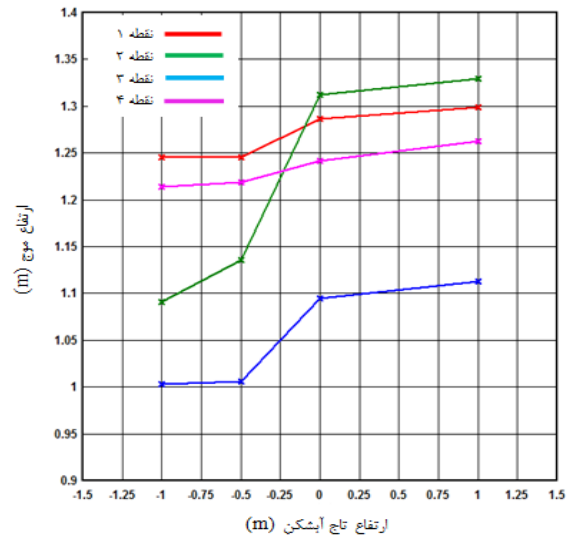
شکل ۱۲- مقایسه ارتفاع امواج در خط شماره ۱ (سواحل غربی) به مختصات (۲۵۳۲-، ۵۳۸-) و (۳۵۲۵-، ۶۳۸-)

۷-۱- مطالعه مشخصات امواج به کمک مختصات نقطه‌ای

در این بخش، ۴ نقطه مطابق شکل (۹) به مدل معرفی گردیده است تا ارتفاع امواج در این نقاط بررسی شود.

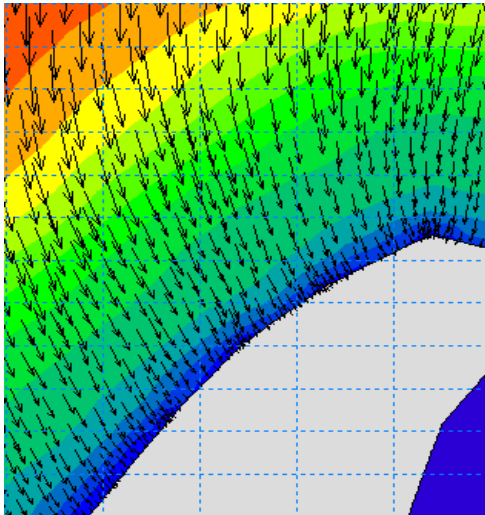


شکل ۹- نمایش نقاط اندازه‌گیری شده

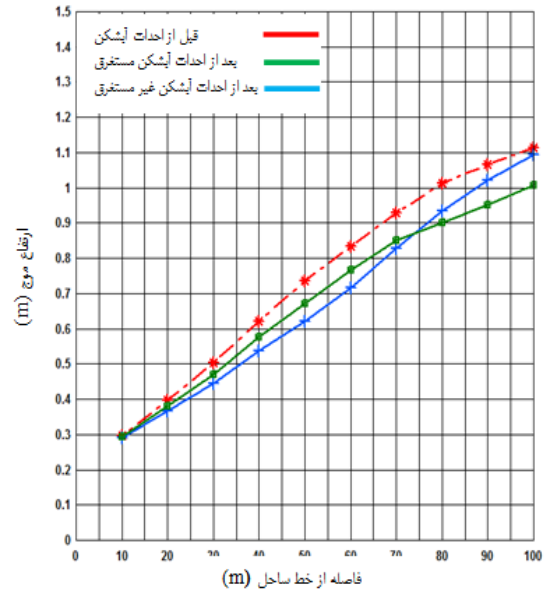


شکل ۱۰- نمودار مقایسه ارتفاع موج در حالت‌های مختلف احداث آبشکن

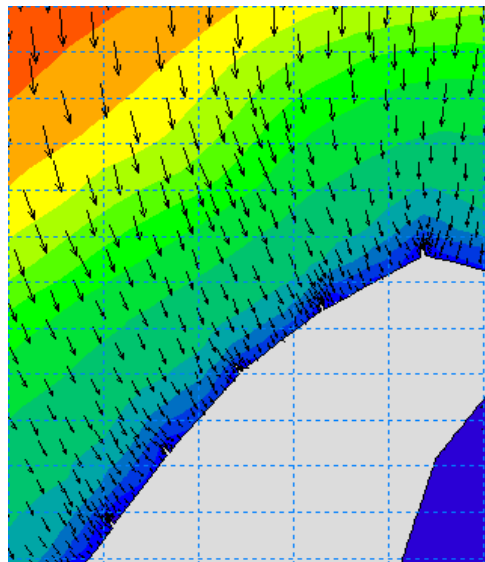
با توجه به نمودار شکل (۱۰) مشاهده می‌شود که هر چقدر ارتفاع تاج آبشکن از سطح آب، بالاتر باشد، امواج دارای ارتفاع بیشتری در بالادست سازه خواهند بود، که دلیل این امر پدیده انعکاس امواج است. قابل ذکر می‌باشد که پدیده انعکاس زمانی به وجود می‌آید که انرژی موج به وسیله موانعی که بر سر راه حرکت موج قرار می‌گیرد، منعکس گردد. بزرگ‌ترین مقدار انعکاس وقتی رخ خواهد داد که امواج به دیواره قائم برخورد



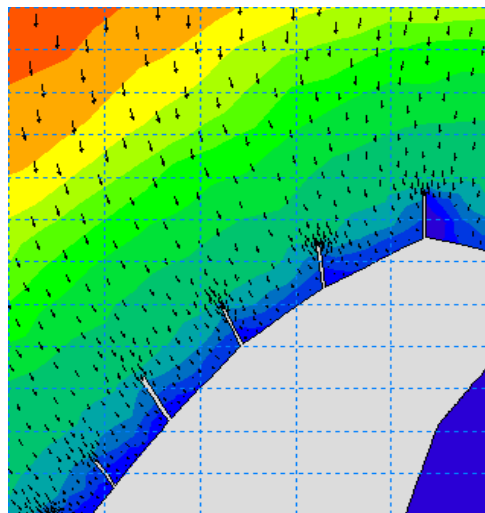
شکل ۱۴- الگوی امواج قبل از احداث سازه



شکل ۱۳- مقایسه ارتفاع امواج در خط شماره ۲ (سواحل شرقی) به مختصات (۱۴۱۰-، ۲۵۲۰-) و (۱۴۸۰-، ۲۶۰۰-)



شکل ۱۵- الگوی امواج پس از احداث آبشکن مستغرق

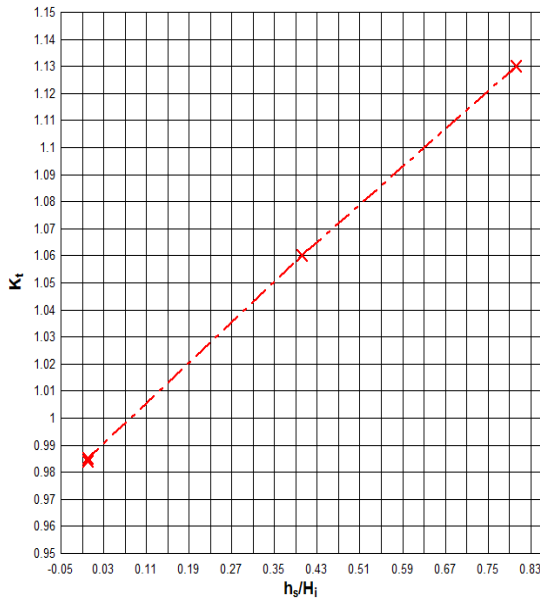


شکل ۱۶- الگوی امواج پس از احداث آبشکن

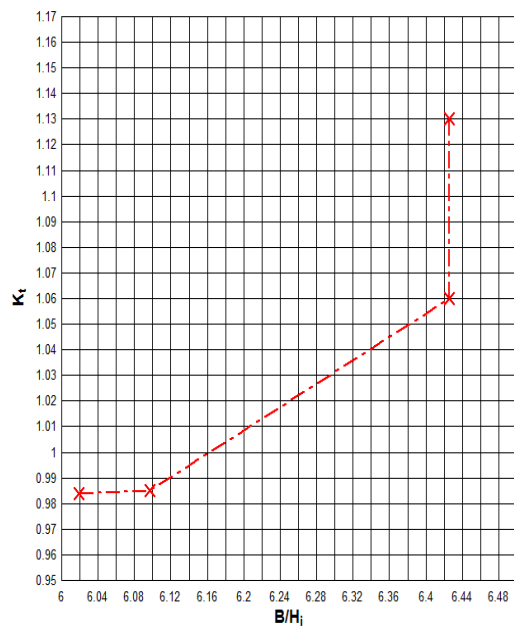
در نمودارهای ارائه شده در شکل‌های (۱۲) و (۱۳)، به مقایسه بهتر تغییر ارتفاع امواج با فاصله از ساحل در حالت وجود آبشکن‌های مستغرق، غیر مستغرق و قبل از احداث سازه‌ها پرداخته شده است و نتایج حاصل نشان می‌دهند که به دلیل وجود پدیده انعکاس، ارتفاع امواج ایجاد شده در بالادست سازه، برای آبشکن‌های غیر مستغرق بیشتر از حالت‌های دیگر می‌باشد و هر چه به سمت ساحل نزدیک می‌شویم، از ارتفاع امواج کاسته خواهد شد که این مسئله سبب تجمع بیشتر رسوبات در محدوده میان آبشکن‌ها می‌شود. ارتفاع امواج در حالت استفاده از آبشکن-های مستغرق نیز در مقایسه با حالت بدون احداث سازه همواره کم‌تر بوده و این موضوع می‌تواند منجر به تغییر در ضریب انتقال موج شود، که در نهایت تجمع رسوب را به دنبال خواهد داشت.

۸- تغییرات انتشار الگوی امواج

بر اساس نتایج حاصل از تحلیل مدل‌های عددی، اثرات آبشکن‌های مستغرق و غیر مستغرق در حالت قبل و بعد از احداث سازه در حوالی ساحل مورد بررسی بر الگوی امواج دریایی و تغییرات به وجود آمده در آن، به صورت شماتیک در شکل‌های (۱۴) تا (۱۶) نشان داده شده است.



شکل ۱۷- تغییرات ضریب انتقال موج نسبت به متغیر بدون بعد ارتفاع غوطه‌وری سازه بر ارتفاع موج



شکل ۱۸- تغییرات ضریب انتقال موج نسبت به متغیر بدون بعد عرض تاج آب شکن بر ارتفاع موج

از مشاهده نمودارهای ارائه شده در شکل‌های (۱۴) تا (۱۶) می‌توان به این موضوع پی برد که احداث آبشکن سبب تغییر در الگوی امواج می‌شود و هر چه تاج آبشکن بلندتر در نظر گرفته شود، سبب تغییرات بیشتری در الگوی امواج خواهیم بود؛ به طوری که از روی الگوی امواج می‌توان تأثیر سازه‌های ساحلی را بر هیدرودینامیک منطقه احساس کرد و نتیجه گرفت که با افزایش تراز تاج آبشکن، الگوی امواج در حوالی آبشکن‌ها تغییرات چشم‌گیری خواهد داشت که از روی الگوی امواج می‌توان به کارآمدی و یا عدم کارآمدی سازه‌های ساحلی پی برد.

۹- تحلیل ضریب انتقال موج

تحلیل ضریب انتقال موج و تأثیر متغیرهای مختلف بدون بعد بر آن، در این بخش مورد بررسی قرار خواهد گرفت. به منظور بررسی ضریب انتقال موج بر روی سازه مستغرق، شکل کلی معادلات ارائه شده توسط Angremond و همکاران [۸] به صورت زیر در نظر گرفته شده است:

$$K_t = b_1 \left(\frac{h_s}{H_i} \right) + b_2 \left(\frac{B}{H_i} \right)^{b_3} \cdot (1 - \exp(b_4 \times \xi)) \quad (7)$$

که در آن h_s ارتفاع آب از روی تاج آبشکن، H_i ارتفاع موج، B عرض تاج آب شکن و ξ عدد ایربرن می باشد. مقادیر ضرایب b_1 تا b_4 با استفاده از برازش غیر خطی محاسبه شده و معادله زیر به منظور پیش‌بینی ضریب انتقال موج به طور قابل اطمینان‌تری برای سازه با محدوده $0.8 < B/L < 4/4$ پیشنهاد می‌گردد.

$$K_t = 0.17 \left(\frac{h_s}{H_i} \right) + 2.84 \left(\frac{B}{H_i} \right)^{-0.26} \cdot (1 - \exp(-0.14 \times \xi)) \quad (8)$$

در رابطه (۷) عدد ایربرن (ξ) از رابطه زیر به دست می‌آید که در آن L_0 و α به ترتیب طول موج در آب عمیق و شیب سازه می‌باشند.

$$\xi = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{H_i}{L_0}}} \quad (9)$$

- افزایش نسبت استغراق، انتقال انرژی بیشتری را از روی آبشکن‌ها به همراه خواهد داشت.
- پارامتر بدون بعد B/H_i (عرض تاج آب شکن به ارتفاع موج) اثر مستقیمی بر ضریب انتقال موج دارد.
- افزایش تیزی موج H_i/L_0 ، موجب کاهش ضریب انتقال می-شود.
- با افزایش عدد ایربرن (ξ) ضریب انتقال موج افزایش خواهد یافت.

۱۰- شبیه‌سازی تغییر شکل خط ساحلی در مجاورت آبشکن‌های مستغرق و غیر مستغرق در منطقه دهنه سر سفیرود

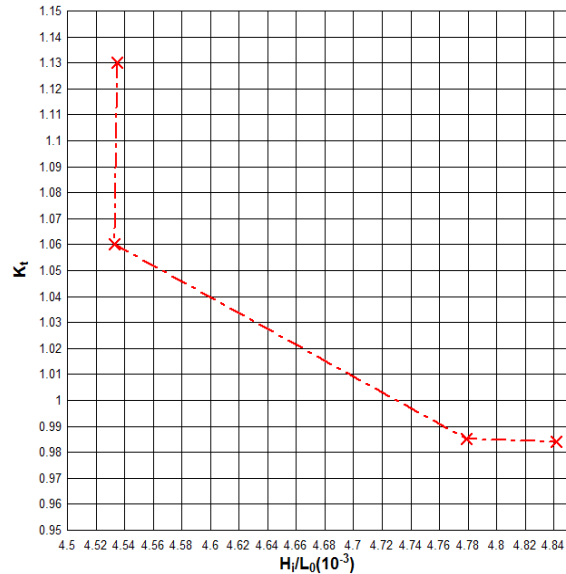
در حالت کلی، فرایندهای مؤثر بر پدیده رسوب‌گذاری و فرسایش در نواحی ساحلی به دو دسته جریان‌های دریایی و امواج تقسیم می‌شوند. در مطالعه حاضر از مدول ST نرم‌افزار Mike 21 به منظور ارزیابی و تخمین نرخ انتقال رسوب و تغییرات تراز بستر تحت اثر امواج و جریان‌های دریایی استفاده گردیده است. این مدول قادر به تخمین نرخ اولیه تغییرات بستر، تحت تأثیر همزمان امواج و جریان‌های دریایی می‌باشد. الگوی عملکرد این مدول به این صورت است که ابتدا با استفاده از اطلاعات اولیه شامل هیدروگرافی منطقه، عمق آب، اندازه ذرات رسوب، مشخصات موج و جریان، پتانسیل حمل رسوب در هر یک از گره‌های محدوده مورد نظر محاسبه شده و سپس نرخ فرسایش و رسوب‌گذاری منطقه بر این اساس به دست می‌آید. نرخ انتقال رسوب به دست آمده از حل عددی در محدوده میان آبشکن‌ها در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول ۲- نرخ انتقال رسوب به دست آمده از حل عددی در

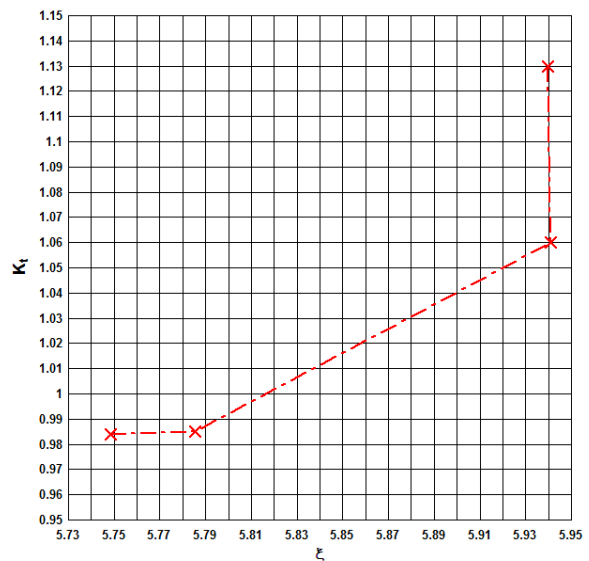
محدوده میان آبشکن‌ها

ردیف	مدل عددی آبشکن	مقدار دبی (m^3/yr)
۱	غیر مستغرق	۲۸۵۰
۲	مستغرق	۲۳۲۵

با داشتن دبی رسوب به دست آمده از حل عددی، بر اساس تئوری یک خطی [۹ و ۱۰] تغییر شکل ساحل در مجاورت آبشکن‌های مستغرق و غیر مستغرق به دست آمده است و نتایج حاصل با اندازه‌گیری میدانی که در طی یک دوره ۱۵ ماهه صورت پذیرفت مقایسه شد. نتایج حاصل از اندازه‌گیری میدانی



شکل ۱۹- تغییرات ضریب انتقال موج نسبت به متغیر بدون بعد ارتفاع موج بر طول موج



شکل ۲۰- تغییرات ضریب انتقال موج نسبت به عدد بدون بعد ایربرن

همان طور که در شکل‌های (۱۷) تا (۲۰) مشاهده می‌شود، تغییرات ضریب انتقال موج بر حسب متغیرهای بدون بعد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. بر اساس تحلیل‌های انجام شده و نتایج حاصل، روند تغییرات و تأثیر پارامترهای بدون بعد بر ضریب انتقال موج را می‌توان به شرح زیر بیان کرد:

- نسبت h_s/H_i (استغراق به ارتفاع موج) با ضریب انتقال موج رابطه مستقیم دارد، به عبارت دیگر، نسبت مذکور با افزایش ضریب انتقال افزایش می‌یابد.

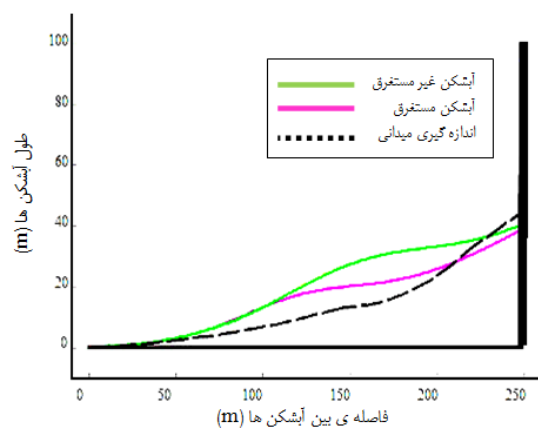
تثبیت ساحل طراحی شده‌اند. باعث تغییر در الگوی امواج منطقه ساحلی خود شده‌اند. مطالعه دقیق اثر احداث آبشکن‌ها بر منطقه، راهی برای جلوگیری از تأثیرات منفی سازه‌های احداث شده خواهد بود. بر این اساس، به منظور بررسی دقیق‌تر، در چند نقطه در اطراف آبشکن با تاج‌های مختلف در محدوده مطالعاتی، مشخصات امواج مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. بدین منظور نقاطی برای حالت‌های مختلف آبشکن در حالت مستغرق و غیر مستغرق در قسمت بالای سازه در نظر گرفته شد و نتایج بیانگر این می‌باشند که برای آبشکن‌های غیر مستغرق هر چقدر تراز تاج آبشکن از سطح آب بالاتر باشد امواج دارای ارتفاع بیشتری در بالادست سازه خواهند بود، که دلیل این امر پدیده انعکاس امواج می‌باشد. همچنین پس از بررسی‌های انجام شده می‌توان دریافت که افزایش یا کاهش ارتفاع تاج در آبشکن‌های مستغرق، پدیده انعکاس تغییر چندانی نکرده و قابل صرف نظر می‌باشد.

۲- برای بررسی دقیق‌تر ارتفاع امواج در مجاورت سازه و به صورت فاصله از ساحل، ارتفاع امواج برای حالت‌های مختلف، پس از احداث آبشکن‌های مستغرق و غیر مستغرق مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهند که هرچند، ارتفاع امواج در بالادست سازه در آبشکن‌های غیر مستغرق بیشتر از حالت‌های دیگر می‌باشد، اما هرچه به سمت ساحل نزدیک می‌شویم، از ارتفاع امواج کاسته خواهد شد. در اکثر حالات ارتفاع امواج پس از این که به سمت ساحل نزدیک می‌شویم کمتر از حالت‌های مستغرق و بدون احداث سازه می‌باشد که این مسئله سبب تجمع بیشتر رسوبات در محدوده میان آبشکن‌های غیر مستغرق خواهد شد. برای آبشکن‌های مستغرق می‌توان گفت که در اکثر مواقع، ارتفاع امواج کمتر از حالت بدون احداث سازه خواهد بود و به دلیل این که آبشکن مستغرق سبب تغییر در انتقال موج می‌شود می‌توان اذعان نمود که این مسئله سبب تجمع بیشتر رسوبات در هنگامی که سازه‌ای احداث نشده باشد، می‌شود.

۳- پس از مطالعه تغییرات انتشار الگوی امواج قبل و بعد از احداث سازه در حوالی ساحل با استفاده از نتایج حاصل از مدل عددی Mike 21 در می‌یابیم که اگر آبشکن‌ها در سواحل، با تاج بلندتری ساخته شوند، شاهد تغییراتی بیشتری در الگوی امواج خواهیم بود. بنابراین از روی الگوی امواج می‌توان به تأثیر سازه‌های ساحلی بر هیدرودینامیک منطقه پی‌برد و تا حدودی کارایی و عدم کارایی سازه‌های ساحلی را بررسی نمود.

۴- در این مطالعه، ضریب انتقال امواج برای ۴ نوع آبشکن با تاج‌های ۱ متر بالاتر از سطح آب، هم سطح آب، ۰/۵ متر

تغییر شکل خط ساحلی در مجاورت آبشکن غیر مستغرق واقع شده در دهنه سر سفیدرود و نتایج حاصل از مطالعات عددی در شکل (۲۱) نشان داده شده‌اند. همچنین تغییر شکل ساحل در حضور آبشکن غیر مستغرق در منطقه دهنه سر سفیدرود در شکل (۲۲) نمایش داده شده است.



شکل ۲۱- تغییر شکل ساحل در مجاورت آبشکن‌های مستغرق و غیر مستغرق با استفاده از مدل عددی و اندازه‌گیری میدانی



شکل ۲۲- تغییر شکل ساحل در حضور آبشکن غیر مستغرق در منطقه دهنه سر سفیدرود (تابستان ۱۳۹۱)

۱۱- بحث و نتیجه‌گیری

۱- شناخت صحیح اقلیم امواج در یک منطقه به ما کمک می‌کند تا راه حل‌های گوناگونی برای تغییر در مشخصه‌های الگوی امواج ارائه دهیم. در این راستا آبشکن‌ها که با هدف

- Academy of Sciences, 2012, No. 2, pp. 385-392.
- [2] Babu, M. T., Venthamony, P., Ebrlich, D., "Modelling Tide-driven Currents and residual Eddies in the Gulf of Kachchh and their Seasonal Variability A Marine Environmental Planning Perspective", *Ecol Model*, 2005, 184, pp.299-312.
- [3] Saavedra, I., Lopez, J., Marunez, R., "Dynamic Wave Study of Flow in Tidal Channel System of San Juan River", *Journal of Hydraulic Engineering*, 2003, 129, pp.519-526.
- [۴] سازمان نقشه برداری ایران، اطلاعات هیدروگرافی منطقه دهنه سر سفیدرود سال‌های ۱۹۹۱ و ۲۰۱۰ میلادی.
- [5] General Directorate of Coast and Port Engineering, Iranian Sea Wave Modelling (ISWM), Caspian Sea. Iran Port and Maritime Organization, 2003, Vol. 2.
- [6] Van Rijn, L. C., "Principles of Sediment Transport in Rivers, Estuaries and Coastal Sea-Aqua Publications, 111", Amsterdam, the Netherlands, 1993.
- [7] Danish Hydraulic Institute, "MIKE 21 User Guide and Reference Manual", Denmark, DHI, 2007.
- [8] D'Angremond, K., Van der Meer, J. W., De Jong, R. J., "Wave Transmission at Low-Crested Structures", *Proc. 25th Int. Conf. on Coastal Engineering*, ASCE, 1996, 2418-2427.
- [9] Pelnard & Considere, R., "Essai de Theoti de l'tvolution Des forms de Ravage en Plages de Sables et de Galets", *Societe Hydro technique de France, I Verne Joumtes de L'Hydraulique, Question III, rapport I*, 1956, pp.289-298.
- [10] Shore Protection Manual, Coastal Engineering Research Center, U.S.Army Corps of Engineering, Washington DC, 1992.
- پایین‌تر از سطح آب و ۱ متر پایین‌تر از سطح آب مورد مقایسه قرار گرفت و مشاهده شد که ضریب انتقال موج برای آبشکن‌های مستغرق بیشتر از حالت‌های دیگر بوده است. در این تحلیل پارامترهای مؤثر بر ضریب انتقال موج نیز مورد مقایسه قرار گرفته و نتایج حاکی از این هستند که نسبت استغراق به ارتفاع موج بر ضریب انتقال موج اثر مستقیم دارد. بنابر این افزایش نسبت استغراق، انتقال بیشتر انرژی از روی آب شکن را به همراه خواهد داشت. پارامتر بدون بعد عرض تاج آب‌شکن بر ارتفاع موج نیز اثر مستقیم بر تغییرات ضریب انتقال موج دارد. همچنین افزایش تیزی موج موجب کاهش ضریب انتقال می‌شود که برای آبشکن‌های مستغرق پارامتر تیزی موج بیشتر از حالات دیگر مشاهده شد. نکته قابل توجه برای ضریب انتقال امواج در حالت‌های مختلف این است که با استفاده از این ضریب می‌توان پی‌برد که هر چه قدر این عدد کوچک‌تر باشد، رسوبات بیشتری در محدوده میان آبشکن‌ها ته‌نشین خواهند شد؛ زیرا ضریب انتقال برای آبشکن‌های مستغرق بیشتر از نوع غیر مستغرق آن بوده که این امر سبب عبور بیشتر رسوبات از روی آبشکن مستغرق خواهد شد.
- ۵- نتایج حاصل از مدل‌سازی عددی تغییر شکل ساحل در مجاورت آبشکن‌ها نشان می‌دهند که در صورت استفاده از آبشکن‌های غیر مستغرق رسوب‌گذاری بیشتری در ساحل اتفاق می‌افتد. اگرچه آبشکن‌های مستغرق، نیز بدون این که تأثیر نامطلوبی در زیبایی ساحل داشته باشند، می‌توانند سبب احیای ساحل شوند.
- ۶- اندازه‌گیری میدانی تغییر شکل خط ساحلی در مجاورت آبشکن غیر مستغرق در یک دوره ۱۵ ماهه تطابق خوبی با نتایج حاصل از پیش‌بینی خط ساحلی به دست آمده از مدل عددی دارد.

۱۲- مراجع

- [1] Remya, P. G., Kumar, Raj., Basu, Sujit., Sarkar, A., "Wave Hindcast Experiments in the Indian Ocean using MIKE 21 SW Model", *J. Earth Syst. Sci.* 121, Indian

EXTENDED ABSTRACT

Numerical Study of Submerged Groynes Impact on Wave Pattern (Case Study: Dahane SAR Sefidrood)

Hamed Afsoos Biria, Mir Ahmad Lashteh Neshaei*, Ataollah Ghabraia, Mir Abdolhamid Mehrdad

Department of Civil Engineering, University of Guilan, Guilan, Iran

Received: 11 April 2014; **Accepted:** 20 October 2014

Keywords:

Submerged and non-submerged groynes, Wave pattern, Dahane Sar Sefidrood, Crest height

1. Introduction

Construction of submerged groynes is one of the newest methods in beach stabilization. Practical knowledge of the submerged groynes design and their effects on the wave, current and shoreline change is not enough and it is developing. So far, numerous researches have been conducted for better understanding of wave's pattern on the groynes. However, studies of the submerged groynes in a coastal area, has received little attention. Since the problem of coastal stabilization is of high importance, there is a need for more research in this area. Therefore, the access to wave parameters using numerical modeling can provide useful information for the design and layout of groynes, environmental considerations, and the main factors. In this study, a numerical simulation model of the waves by Mike 21 around the submerged groynes and comparison with the non-submerged groynes is performed and variation of height of the waves around the groynes is discussed. Also, the main objective of this study has been focused on the groyne crest height impact on wave heights.

2. Methodology

2.1. Data collection

Collection of data for marine research is very important. The data obtained in this study is based on the hydrographic map (1991) of the Dahane Sar Sefidrood Coast which was prepared by Hydrography information of Iranian surveying institute with 1:10000 scale [1]. Information and specifications relating to deep water waves in the range studied are the wave height, period and direction based on the results of the ISWM project which are used as input data in the proposed model [2]. The maximum wave height and wave period based on the ISWM results are, respectively, 6 meter and 13 seconds, Also, to obtain the average diameter of the particles (d_{50}), 10 soil samples were taken from different parts of the sea bed in the case study region and then grading curves of the soil samples were plotted resulting in d_{50} to be obtained 0.16 mm.

2.2. MIKE 21 spectral waves

The governing equation in Mike 21-SW is the wave action balance equation formulated in either Cartesian or spherical co-ordinates. In horizontal Cartesian co-ordinates, the conservation equation for wave action reads

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \nabla \cdot (\vec{v}N) = \frac{S}{\sigma} \quad (1)$$

where $N(x, \sigma, \theta, t)$ is the action density, t is the time, $x = (x, y)$ is the Cartesian co-ordinates, $v = (c_x, c_y, c_\sigma, c_\theta)$ is the propagation velocity of a wave group in the four-dimensional phase space x, σ and θ . S is the source term for energy balance equation. ∇ is the four-dimensional differential operator in the x, σ , and θ -space [3].

*corresponding Author

E-mail addresses: Biria_hamed@yahoo.com (H. Afsoos Biria), Maln@guilan.ac.ir (M. A. Lashteh Neshaei), Ghabraia@yahoo.com (A. Ghabraia), Mehrdad@guilan.ac.ir (M. A. Mehrdad).

2.3. Important parameters for model calibration

Determination of bed resistance and computational grid size can cause large variations in the final results. Therefore, these two parameters have an important role to get closer to the actual results. In this study, bed resistance is assumed to be 0.00088 meter in the domain. In the modeling process for determining of the optimal network, wave height parameter was considered as the basis for calibration of the numerical model. Finally, the triangular irregular network is selected 9000 m² for offshore area and then it is selected 3000 m² for near shore.

3. Results and discussion

3.1. Wave climate study

In this part, wave heights were analyzed before construction of the groin and after construction of the submerged and non-submerged groyne.

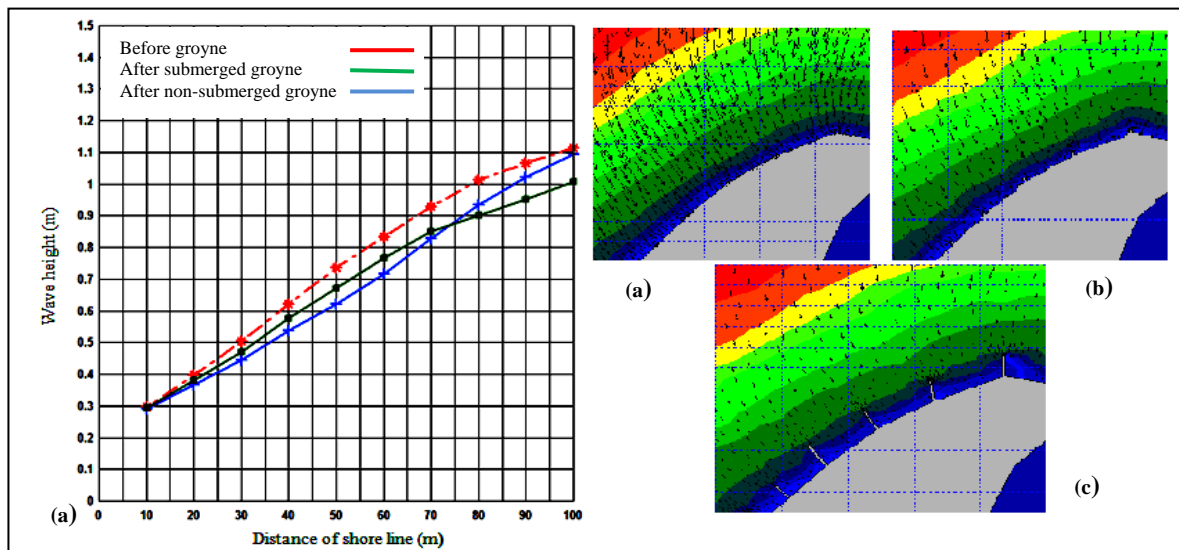


Fig. 1. Numerical model: (a) Comparison of wave height in different modes, (b) wave pattern before groyne construction, (c) wave pattern after submerged groyne, (d) wave pattern after non-submerged groyne

From Fig. 1, we can find that the groyne construction will change the wave pattern and if the groyne crest is considered higher, there will be greater changes in the wave pattern.

3.2. Analysis of wave transmission coefficient

To study the wave transmission coefficient on submerged structures considering general form of the proposed equations by Angremond et al. we have [4]:

$$K_t = 0.17 \left(\frac{h_s}{H_i} \right) + 2.84 \left(\frac{B}{H_i} \right)^{-0.26} \cdot (1 - \exp(-0.14 \times \xi)) \quad (2)$$

where h_s is the crest elevation of the groyne, H_i is the incident wave height, B is the crest width and ξ is the Iribarren parameter defined as the fore-slope of the groyne divided by the square-root of deep water incident wave steepness. Fig. 2 shows the variation of the wave transmission coefficient.

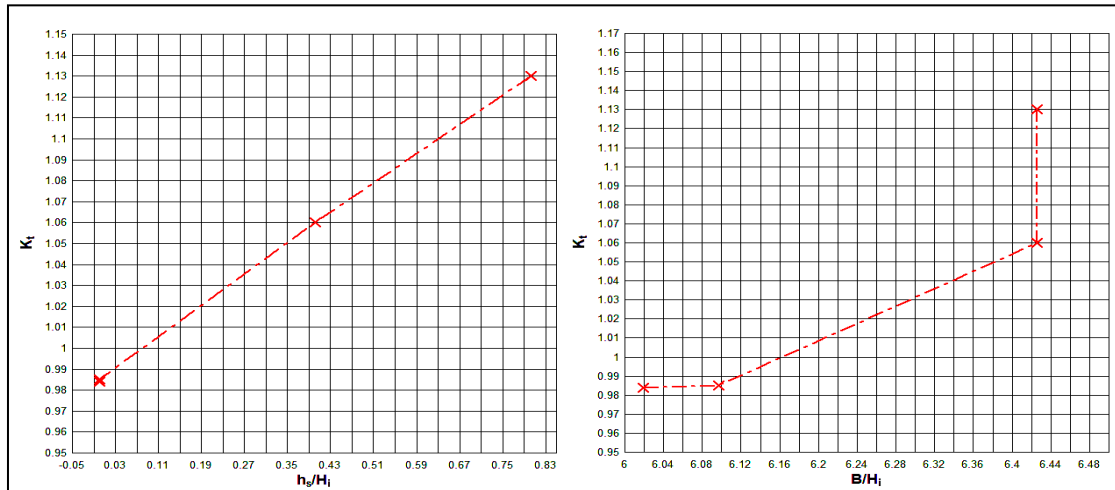


Fig. 2. The change of wave transmission coefficient with respect to dimensionless

4. Conclusions

The results indicate that if the groyne crest is above the water surface, waves will have greater height offshore. The reason for this phenomenon is reflected waves. Also, the results show that reflection condition has not changed with the increase or decrease in the crest height of the submerged groyne. Wave height for non-submerged groyne is lower than submerged groyne onshore and then sediment accumulation in the non-submerged groyne will be greater. After studying the pattern of wave propagation changes before and after the construction of structures, the results of the numerical model Mike 21 show that if groynes are constructed with higher crest, further changes will be seen in the wave pattern. The results indicate that the submerged height to wave height has a direct effect on the wave transmission coefficient has a direct effect. Dimensionless parameter crest width to wave height has a direct effect on transmission coefficient. When the wave steepness increases, the wave transmission coefficient decreases. Wave steepness parameter for the submerged groyne is higher than non-submerged groyne. The results of predicted beach deformation show that when submerged groyne is constructed on the beach, sediment accumulation will be slightly less than of that for the non-submerged groyne; because transfer coefficient for the submerged groyne is more than non-submerged groyne. This result will cause more sediment passing on submerged groyne.

5. References

- [1] Iranian Surveying Institute, "Hydrography Information of Dahane Sar Sefidrood (1991-2010)", Tehran, Iran, 2010.
- [2] General Directorate of Coast and Port Engineering, "Iranian Sea Wave Modeling (ISWM); Vol. 2: Caspian Sea", Iran Port and Maritime Organization, Tehran, Iran, 2003.
- [3] Danish Hydraulic Institute, "MIKE 21 user guide and reference manual." Denmark, DHI, 2007.
- [4] D'Angremond, K., Van der Meer, J. W., De Jong, R. J., "Wave Transmission at Low-Crested Structures." 25th International Conference on Coastal Engineering, 1996, pp 2418-2427.