Archive OF SID

سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی‌رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.

سازمان بنادر و دریانوردی

مرکز بررسی اطلاعات علمی

ICOPMAS

www.SID.ir

Archive of SID

مدلسازی ریاضی نفوذ موج بدرون بندر شهید بهشتی

علی نصرالهی[1] a.nasrollahi@modares.ac.ir

محمد نبی اله دادی[2] Allahdadi@JWERC.ir

چکیده

اغتشاشات موج درون حوضچه بندرگاه یکی از مهمترین پارامترهایی است که در انتخاب محل ساخت بندرگاه و تعیین جانمایی بهینه بندرگاه دارای اهمیت می باشد. توزیع ارتفاع موج در یک بندرگاه یا خلیج توسط مشخصات تفرق موج چه در اثر ساختارهای طبیعی و چه در اثر ساخت سازه های ساحلی که برای حفاظت از هجوم امواج تهیه می شوند، مشخص می شود. بنابراین شناخت کامل از فرآیند تفرق و نفوذ موج بدرون این سازه های ساحلی ضروری می باشد. در این تحقیق مدلسازی ریاضی نفوذ موج بدرون بندر شهید بهشتی با استفاده از مدل BW-MIKE21 انجام شده است. با توجه به اطلاعات اندازه گیری شده باارزشی که در این محدوده صورت گرفته، این مدل و نتایج آن مورد ارزیابی و کالیبراسیون قرار گرفته است. نتایجی که از این تحقیق بدست آمده نشاندهنده تأثیر زیاد جهتی بودن موج نسبت به یک جهتی بر روی نتایج خروجی مدل می باشد. همچنین مقدار بهینه ضریب n و حداکثر انحراف از جهت اصلی در رابطه توزیع جهتی برای این منطقه بدست آمده است.

مقدمه

هنگامی که امواج ورودی (Incoming Wave) با انتهای موانع یا سازه ای نظیر موج شکن و یا جزایر برخورد می کنند، حول سازه انحنا یافته و بداخل محدوده محافظت شده توسط سازه فوق الذکر، نفوذ می کند، که این پدیده تفرق موج نامیده می شود. در این پدیده انرژی موج بطور عرضی در طول تاج موج منتقل می شود. پدیده تفرق در واقع نتیجه اختلاف فازهای بین امواجی است که از یک منبع خطی تابیده و توسط یک مانع منقطع می گردد. نفوذ امواج از سمت دریا به درون بندر محافظت شده توسط موج شکن ها، یکی از فرآیندهایی است که شامل کم عمقی، انکسار، تفرق و فرآیندهای انعکاس می باشد.

مدول BW نرم افزار MIKE 21 قادر به شبیه سازی پدیده های مختلف موج در مناطق مورد نظر می باشد. این پدیده ها شامل کم عمقی، انکسار، تفرق، فرآیندهای انعکاس جزیی امواج با دامنه محدود و پدیده شکست روی Bathymetry های پیچیده است. در این مدول از چند لایه Porosity برای شبیه سازی انعکاس جزیی و از لایه های Sponge برای جذب کامل انرژی موج استفاده می شود. لایه های Porosity در اطراف بازوهای موج شکن مورد استفاده قرار می گیرند. این لایه ها بسته به مقدار تخلخلشان، درصدی از موج نزدیک شده به موج شکن را منعکس می کند. لایه های Sponge برای مناطقی مورد استفاده قرار می گیرند که لازم است تمام انرژی موج برخوردی جذب شود و هیچ موجی منعکس نشود که تعداد این لایه ها قابل تغییر است. برای مطالعه امواج کوتاه حداقل ۵ لایه و به طور مناسب می توان از ۱۰ لایه Sponge برای جذب انرژی استفاده نمود. در سازه های متخلخل مقدار مقاومت در مقابل جریان به عوامل مختلفی بستگی دارند که برخی از آنها عبارتند از: تخلخل، ویسکوزیته سینماتیک آب، اندازه ذره و ... که در این نرم افزار این پارامترها برای دستیابی به مقدار مناسب تخلخل سازه مورد استفاده قرار می گیرند [۱].

در شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می شود موجشکن شهید بهشتی در گوشه جنوب شرقی خلیج چابهار قرار گرفته است. این موجشکن در حال حاضر دارای طول حدود ۱۶۵۰ متر بوده که تا عمق تقریبی ۱۲ متری گسترش یافته است.

در تحقیق حاضر با استفاده از نرم افزار MIKE21-BW نفوذ موج بدرون موجشکن شهید بهشتی مدلسازی شده و پدیده تفرق موج در پشت این موجشکن تحت شرایط مختلف طول و پریود موج مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. برای شرایط مرزی از دو نوع موج: یک جهتی (unidirectional) و جهتی (directional) استفاده شده است. مشخصات موج آب عمیق از اطلاعات دستگاهی که در این محدوده قرار گرفته (AW1 در شکل ۲)، استفاده شده و برای مقایسه نتایج مدل از اطلاعات اندازه گیری شده در ایستگاه های AQ3 و VEC1 (شکل ۲) که درون محدوده بندر قرار دارد، بهره گیری شده و مدل کالیبره شده است.

معادلات حاکم

---

[1] دانشجوی دکترای هیدرولیک، دانشگاه تربیت مدرس، کارشناس شرکت جهاد تحقیقات آب و انرژی، گروه مهندسی دریا

[2] کارشناس شرکت جهاد تحقیقات آب و انرژی، گروه مهندسی دریا

www.SID.ir

Archive of SID

این مدل بر مبنای روش عددی فرمولاسیون معادلات بوزینسک در فضای زمان می باشد که از فرمولاسیون فلاکس با مشخصات بهبود یافته پخش بهره می گیرد. معادلات بوزینسک شامل پخش غیر خطی می باشند. این فرمولاسیون شامل دو نوع می باشد: الف) معادلات بهبود یافته بوزینسک [۲و۳] که برای انتشار امواج از آب عمیق به آب کم عمق بطوریکه نسبت ماکزیمم عمق آب به طول موج آب عمیق $h/L \approx 0.5$ باشد، مورد استفاده قرار می گیرد و ب) معادلات کلاسیک بوزینسک [۲و۳] که برای شرایط $h/L \approx 0.22$ مناسب می باشد. در اینجا معادلات بهبود یافته بوزینسک با استفاده از روش تفاضل محدود ضمنی حل می شوند.

شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق از طیف JONSWAP استفاده شده است. این طیف که برای حالت fetch limited دارای اعتبار می باشد توسط پارامترهای زیر قابل تعریف می باشد:

- سرعت باد در تراز ۱۰ متری از سطح دریا، U_{10}، و طول بادگیر مؤثر، F
- ارتفاع موج مشخصه، H_{m0}، پریود پیک موج، T_p و پارامترهای شکل طیف، $\gamma, \sigma_a, \sigma_b$

این طیف بصورت زیر تعریف می شود:

$$S(f) = S_{PM}(f).\gamma^a \qquad (۱)$$

که $S_{PM}(f)$ طیف Pierson-Moskowitz بوده و پارامترهای شکل نیز بصورت زیر می باشند:

$$a = \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{f-f_p}{\sigma f_p}\right)\right] \qquad (۲)$$

$$\sigma = \sigma_a \quad for \quad f \le f_p$$

$$\sigma = \sigma_b \quad for \quad f > f_p \qquad (۳)$$

که f_p فرکانس پیک را نشان می دهد. γ پارامتر شکل بوده که مقدار متوسط آن ۳/۳ بوده اما توسط کاربر قابل تغییر می باشد. مقادیر متناظر با طیف استاندارد JONSWAP برای $\sigma_a = 0.07$ و $\sigma_b = 0.09$ می باشد.

در مدول BW نرم افزار MIKE21 از توزیع های جهتی مختلفی استفاده می کند که در این تحقیق از توزیع جهتی کسینوسی بهره گرفته شده است. این توزیع جهتی بصورت زیر تعریف می شود:

$$D(\theta) = \cos^n(\theta - \theta_{main}) \qquad (۴)$$

که θ_{main} جهت اصلی موج و n فاکتور پخش می باشد که توسط کاربر قابل تغییر می باشد.

مدلسازی ریاضی

www.SID.ir

Archive of SID

برپایی مدل

تهیه Bathymetry

برای تهیه Bathymetry مورد نیاز و مناسب مطالعات نفوذ موج بدرون بندر از هیدروگرافی انجام شده در اواخر سال ۱۳۸۵ با مقیاس حدودی ۱/۲۰۰۰ استفاده شده است. برای نهایی کردن محدوده شبکه، عوامل مختلفی نظیر: فاصله مرزهای شبکه از سازه های موجود در محدوده مورد نظر و عدم تأثیر وجود مرزها بر روی نتایج مدل، بهینه بودن محدوده مدل از لحاظ زمان و هزینه محاسباتی، لحاظ شده است. شکل ۲ مشخصات محدوده و Bathymetry مورد استفاده را همراه با محل ایستگاههای اندازه گیری نشان می دهد.

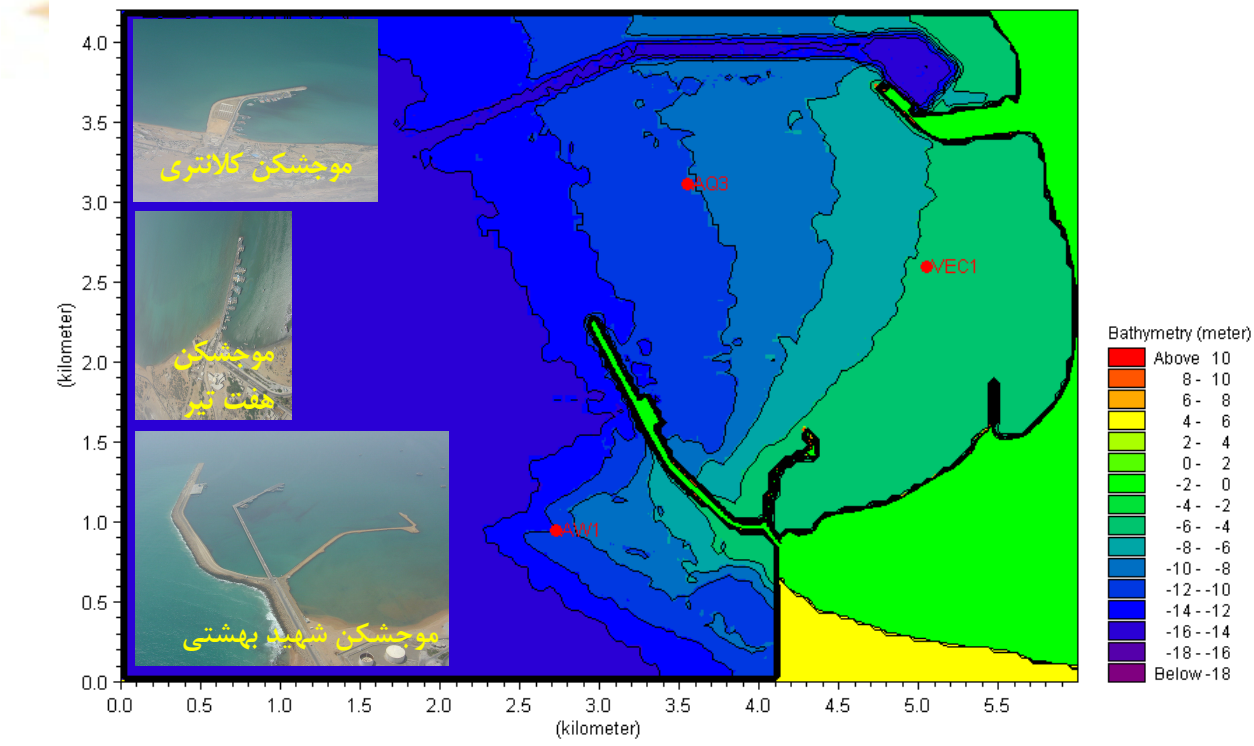
برای بدست آوردن فواصل گرهی مناسب تستهای مختلفی انجام شده تا بتوان یک فاصله گرهی بهینه (در چارچوب محدودیتهای مدل) بدست آورد. بنابراین اقدام به تهیه Bathymetry های مختلف با فواصل گرهی متفاوت شد و با اجرای حالات مختلف برای امواج مختلف و مقایسه نتایج بدست آمده از آنها سعی در تعیین بهینه ترین حالت شد که نهایتاً فواصل گرهی ۳/۵ متر برای اجراهای نهایی مدل انتخاب گردید. با استفاده از این شبکه در یک موج با طول ۱۰۰ متر در حدود ۲۹ گره محاسباتی وجود دارد که برای این تحقیق مناسب می باشد. همچنین برای امواج بلندتر نیز تعداد گره های بیشتری در یک طول موج وجود خواهد داشت. لازم بذکر است که برخی از اجراهایی که برای آنالیز حساسیت پارمترهای مختلف انجام شده، با فواصل گرهی ۵ متر می باشند.

لایه Porosity

ضریب انعکاس برای موجشکن ها با استفاده از توصیه هایی که در این زمینه صورت گرفته و نیز با توجه به اطلاعات مشاهده شده در ایستگاههای اندازه گیری مبنی بر این نکته که در ایستگاه های AW1 و VEC1 هیچ انعکاسی دیده نشده، کالیبره شده است.

در شکل ۲ موجشکن های شهید کلانتری، هفت تیر و شهید بهشتی به ترتیب از بالا به پایین نشان داده شده اند. این موجشکن ها از نوع توده سنگی می باشند. موجشکن شهید بهشتی که در حال توسعه نیز می باشد از نوع شکل پذیر بوده و شیب آن ۴ به ۵ می باشد که در نهایت به یک شیب پایدار می رسد. همچنین در این موجشکن یک اسکله نصب سریع شمع و عرشه نیز مشاهده می شود که بدلیل نفوذ پذیری کامل آن، این سازه در مدلسازی در نظر گرفته نشده است و فرض شده است که امواج از درون این سازه بطور کامل عبور کرده و انعکاسی از آن وجود ندارد.

با توجه به نتایج بدست آمده از مدلسازیها و همچنین نتایج مدل برای پریودهای مختلف موج (که نشاندهنده افزایش ضریب انعکاس با افزایش پریود موج می باشد) و نیز با توجه به توصیه های انجام شده برای موجشکن های توده سنگی مقدار ضریب انعکاس برای سازه های مذکور برابر ۲۰-۳۰ ٪ در نظر گرفته شده که برای پریودهای مختلف متفاوت می باشد.



شکل ۲- Bathymetry مورد استفاده در مدلسازی و محل دستگاههای اندازه گیری

لایه Sponge

www.SID.ir

Archive of SID

لایه اسفنجی معمولاً برای جاهایی استفاده می شود که انرژی موج بطور کامل مستهلک می شود. یکی از این موقعیت ها مرزهـای بـسته مـدل می باشد. همچنین در پشت موج ورودی برای استهلاک کامل موج برگشتی از لایه های اسفنجی استفاده می شود. ضخامت این لایه ها تـابعی از طول موج ورودی است. برای استهلاک کامل انرژی موج، توصیه شده که ضخامت این لایه ها ۱-۲ برابر طول موج ورودی باشد. همچنـین در سواحل برای جلوگیری از انعکاس موج و استهلاک موج برخوردی به سواحل از چند لایه اسفنج استفاده شده است.

مشخصات موج در ایستگاههای AW1 ، VEC1 و AQ3

محدوده ارتفاع امواج در ایستگاه AW1 (بعنوان شرایط مرزی موج ورودی) در دوره اندازه گیری شده بین ۰/۴ و ۲ متر بوده که این محـدوده در ایستگاه VEC1 به ۰/۰۴ تا ۰/۲۵ متر رسیده است. همچنین ارتفاع موج در ایستگاه AQ3 در محدوده بین ۰/۱ تا ۱/۴ متر قـرار گرفتـه اسـت. همچنین متوسط ارتفاع موج در این دوره در ایستگاه AW1 در حدود ۹۵ سانتی متر و در ایستگاه VEC1 در حدود ۱۰ سانتی متر می باشد. قابل ذکر است که یک محدوده مشترک زمانی بین این سه ایستگاه وجود ندارد و برای مقایسه از امواج مشابه استفاده شده است.

نتایج و بحث

در این بخش نتایج مدلسازیهای مختلف با شرایط مختلف ارائه شده است. در شکل ۳ برای درک بهتر و تفاوت امواج مـنظم و نـامنظم، الگـوی سه بعدی تفرق موج با امواج ورودی یک بعدی و جهتی با ارتفاع ۱ متر و پریود ۱۰ ثانیه مشاهده می شود. برای مـوج یـک بعـدی نیـز از مـوج استوکس مرتبه ۳ استفاده شده است. در این شکل بخوبی پدیده تفرق موج مشاهده می شود. همچنین دیگر پدیده ها نظیر جذب کامل مـوج در مرزهای بسته مدل، انعکاس جزیی موج در نزدکی موجشکن، انکسار و کم عمقی دیده می شوند.

در ادامه این تحقیق و برای شناخت تأثیر پارامترهای مختلف بر روی تفرق موج پارامترهای مختلف نظیر نوع مـوج ورودی، پـارامتر n در توزیـع جهتی کسینوسی مستقل از فرکانس و پارامتر حداکثر انحراف از جهت اصلی حساسیت سنجی شده است. در این مدلـسازیها از یـک شـبکه ۵×۵ متری استفاده شده است. پس از تحلیل حساسیت و شناخت رفتار پارامترهای مختلف در پدیده تفرق شرایط واقعی مدلسازی شـده و مـدل مـورد استفاده کالیبره گردیده است. نتایج این مدلسازیها در ادامه ارائه شده است.

حساسیت سنجی

تأثیر نوع موج ورودی

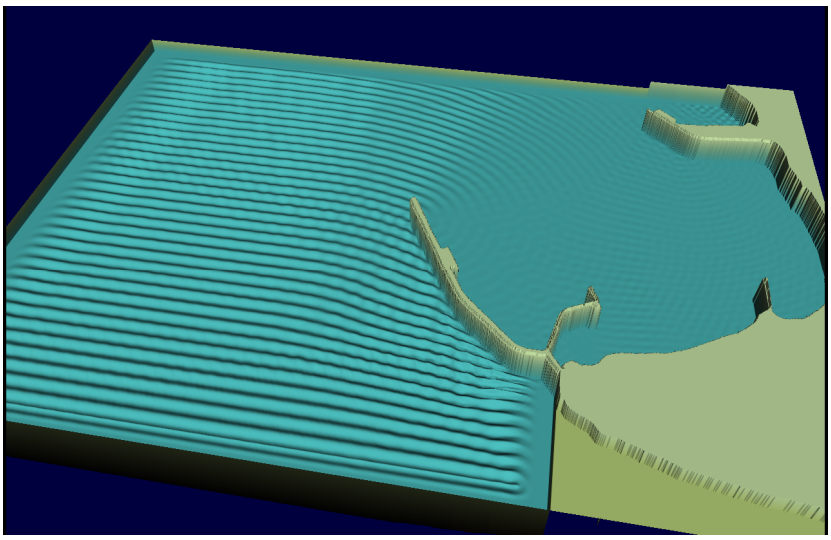
در این بخش، موج ورودی هم بصورت یک بعدی و هم بصورت جهتی مدلسازی شده که ارتفاع موج برابر یک متر و پریود ۸ ثانیه می باشد کـه از جهت جنوبی تابیده می شود. الگوی انتشار و تفرق موج در این حالات در شکل های ۴ و ۵ نشان داده شده اسـت. لازم بـذکر مـی باشـد کـه ضریب زبری در این مدلسازیها برابر ۳۲ و شکست موج نیز در نظر گرفته شده است.

در این شکل ها دیده می شود که امواج پس از وارد شدن از مرز مدل و پیشروی به سمت جلو دچار پدیده های انکسار و کم عمقی می شـوند و پس از رسیدن به موجشکن دچار انعکاس جزیی می گردند. امواجی که در نزدیکی دماغه موجشکن قرار می گیرند دچار تفرق شـده و بـه پـشت موجشکن نفوذ می کنند. لازم بذکر است که در پدیده تفرق موج، پریود موج نقش مهمی ایفا می کند. بطوریکه امواج با پریود بزرگتر به بخـشی از محوطه موجشکن که در سایه قرار گرفته، نفوذ بیشتری دارند و در مقابل امواجی که دارای پریود کـوچکتری هـستند، کمتـر بـدرون محوطـه موجشکن نفوذ می کنند که در نهایت امواجی که به پشت موجشکن می رسند دارای ارتفاع کمتری نسبت به امواج با پریود بزرگتر می باشند.

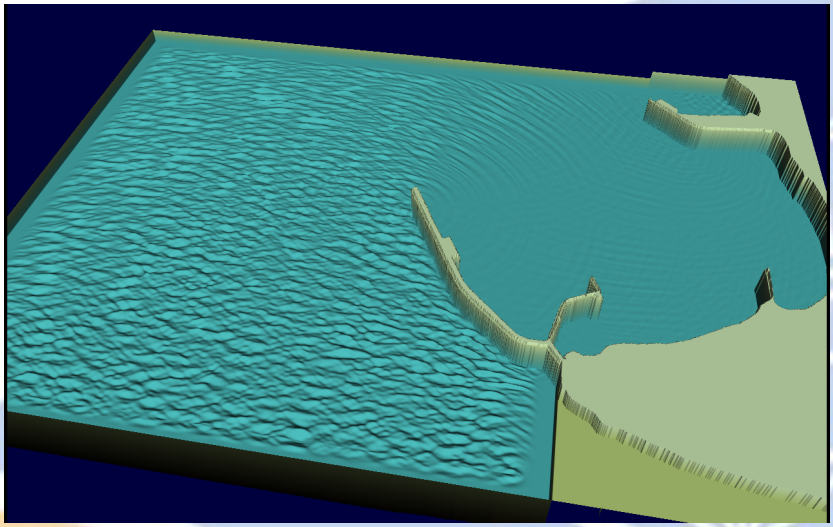
همانگونه که در این شکل ها مشاهده می شود تفرق موج بدرون بندر در این حالات دارای الگوی متفاوتی است. با توجه به شـکل ۵ دیـده مـی شود که با در نظر گرفتن توزیع جهتی موج، در مقایسه با امواج یک بعدی که در شکل ۴ ارائه شد، با پیشروی امواج به سمت جلـو، امـواج دچـار پخشیدگی بیشتری شده اند. بطوریکه در ناحیه دور از موجشکن (سمت چپ مدل) با پیشروی موج، ارتفاع آن همانند دیگر نقاط کاهش یافته کـه بعلت پخش بیشتر موج در دیگر جهات می باشد. همچنین با پخش بیشتر موج در جهت عرضی (عمود بـر جهـت تـابش مـوج) امـواج بیـشتری بدرون بندر نفوذ کرده اند. در حالت موج یک بعدی بخش زیادی از محوطه بین موجشکن های شهید بهشتی و شـهید کلانتـری در سـایه قـرار گرفته است. در حالیکه در حالت استفاده از توزیع جهتی موج برای ورودی مدل، امـواج بیـشتری بـدرون محوطـه فـوق الـذکر نفـوذ مـی کننـد. بطوریکه امواج متفرق شده به ساحل جنوبی موجشکن شهید کلانتری برخورد می کند. با توجه به شواهد و اندازه گیری های انجام شـده الگـوی بدست آمده از توزیع جهتی موج به واقعیت نزدیک تر بوده و شرایط موجود را بهتر مدلسازی کرده است. بنـابراین بـرای مدلـسازی تفـرق مـوج بدرون بندر امواج جهتی مناسب تر از امواج یک بعدی می باشند.

www.SID.ir

Archive of SID

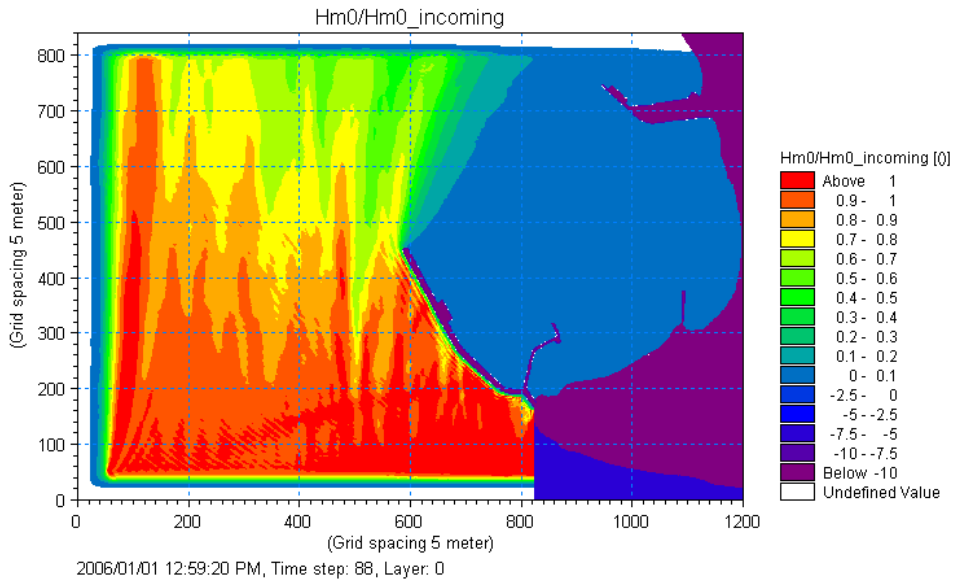


الف) موج منظم



ب) موج نامنظم

شکل ۳– الگوی سه بعدی تفرق موج با ارتفاع ۱ متر و پریود ۱۰ ثانیه در اطراف موجشکن شهید بهشتی
الف) موج منظم (استوکس مرتبه ۳) ب) موج نامنظم



شکل ٤– نسبت ارتفاع موج به موج ورودی در حالت موج یک بعدی با شرایط ارتفاع موج ۱ متر و پریود ۸ ثانیه

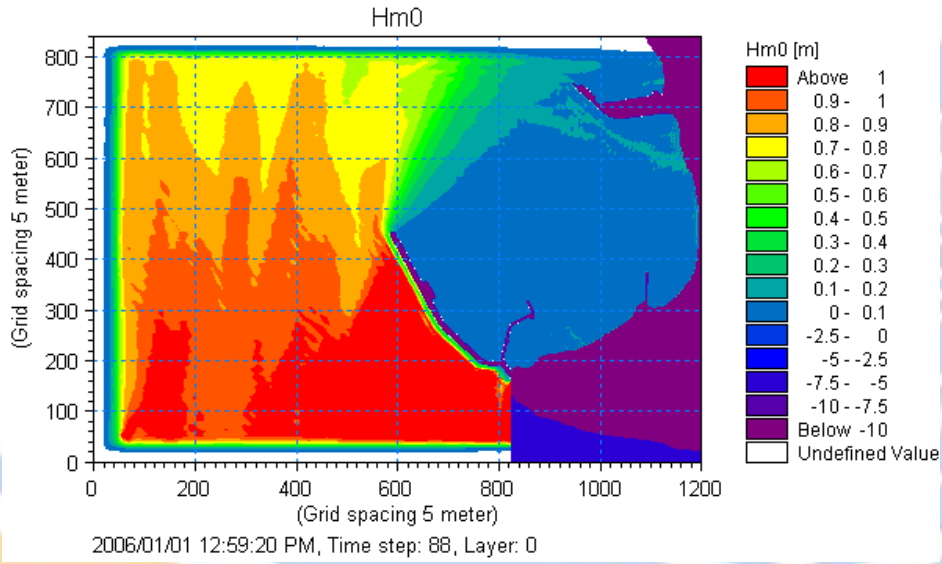
www.SID.ir

Archive of SID

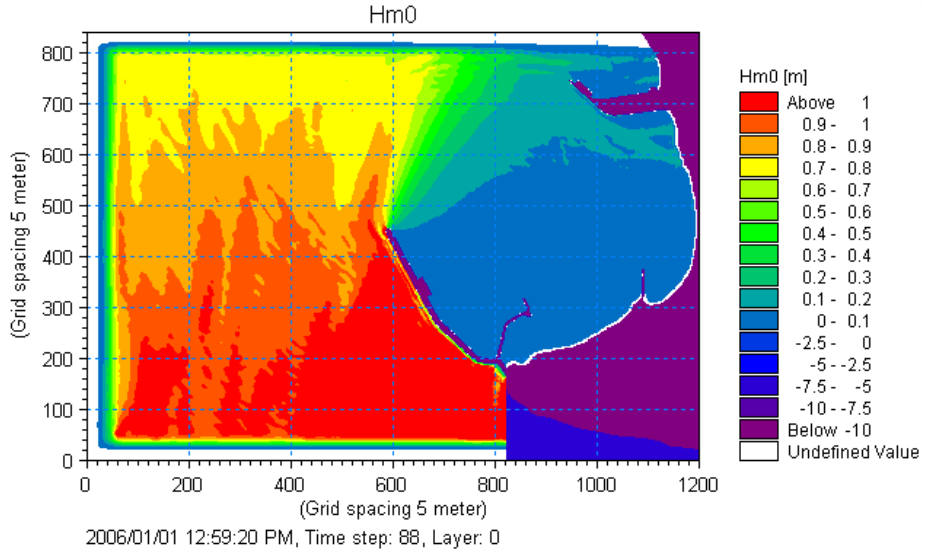
تأثیر پارامتر n در توزیع جهتی

برای بدست آوردن تأثیر توان کسینوس در توزیع جهتی مستقل از فرکانس، مدلسازی های مختلفی انجام شده است که در اینجا نتایج بدست آمده برای توانهای ۲ و ۸ ارائه شده است. شکلهای ۵ و ۶ الگوی انتشار و تفرق موج برای این مقادیر را نشان می دهند.

با مقایسه شکلهای ۵ و ۶ دیده می شود که با کاهش مقدار این پارامتر امواج بیشتری بدرون بندر نفوذ کرده اند که بدلیل پخش بیشتر امواج در جهت عرضی و در نتیجه نفوذ بیشتر امواج بدرون بندر می باشد. دلیل این امر بدین صورت است که با کاهش توان کسینوس در توزیع جهتی، انرژی موج در جهات مختلف بصورت یکنواخت تری پخش می شود. بطوریکه برای توان ۲ انرژی موج در جهات مختلف بین یک محدوده مشخص نسبت به جهت اصلی بطور یکنواخت تری پخش می شود که این باعث می شود که از جهات بزرگتر نیز امواج قویتری با انرژی ای معادل با جهت اصلی تابش موج به منطقه مورد مطالعه تابیده شود. بنابراین باعث افزایش ارتفاع موج در درون بندر می شود. همچنین در شکل ۷ نیز مقادیر زمانی نسبت ارتفاع موج به موج ورودی در ایستگاه VEC1 نشان داده است. در این شکل مشاهده می شود که با کاهش مقدار این پارامتر ارتفاع موج در این ایستگاه افزایش می یابد. نتایج بدست آمده برای مقادیر توان ۱ و۲ بهم نزدیک می باشند. بنابراین می توان از هر دو مقدار برای این پارامتر استفاده نمود.



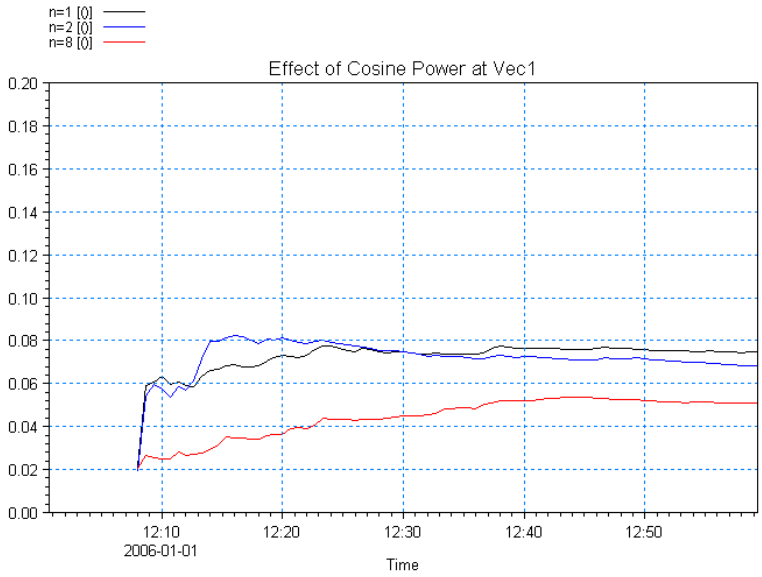
شکل ۵- ارتفاع موج برای توزیع جهتی با توان ۸ برای توزیع کسینوسی مستقل از فرکانس (ارتفاع موج ۱ متر و پریود ۸ ثانیه)



شکل ٦- ارتفاع موج برای توزیع جهتی با توان ۲ برای توزیع کسینوسی مستقل از فرکانس (ارتفاع موج ۱ متر و پریود ۸ ثانیه)

www.SID.ir

Archive of SID

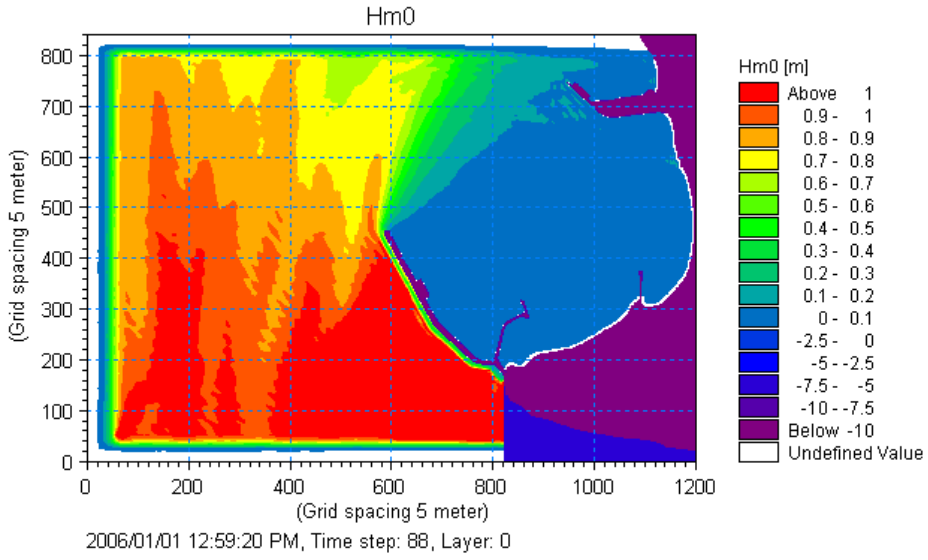


شکل ۷- سری زمانی نسبت ارتفاع موج به موج ورودی برای توانهای مختلف در ایستگاه VEC1

تأثیر پارامتر حداکثر انحراف از جهت اصلی موج

برای تعیین تأثیر پارامتر حداکثر انحراف از جهت اصلی موج، مقادیر مختلف ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۷۰ درجه این پارامتر برای انجام مدلسازی تفرق موج در نظر گرفته شده است. در شکلهای ۸ و ۹ الگوی انتشار و تفرق موج برای مقادیر ۲۰ و ۳۰ درجه انحراف از جهت اصلی نشانداده شده است. با مشاهده این شکلها دیده می شود که با افزایش مقدار این پارامتر مقدار پیشروی موج به سمت جلو کاهش یافته و امواج بیشتری بدرون بندر نفوذ می کنند که علت این امر پخش بیشتر انرژی موج به درون جهات بیشتری می باشد. بدین معنی که انرژی موج در جهت اصلی کاهش یافته و در جهات عرضی (عمود بر جهت اصلی تابش موج) افزایش می یابد.

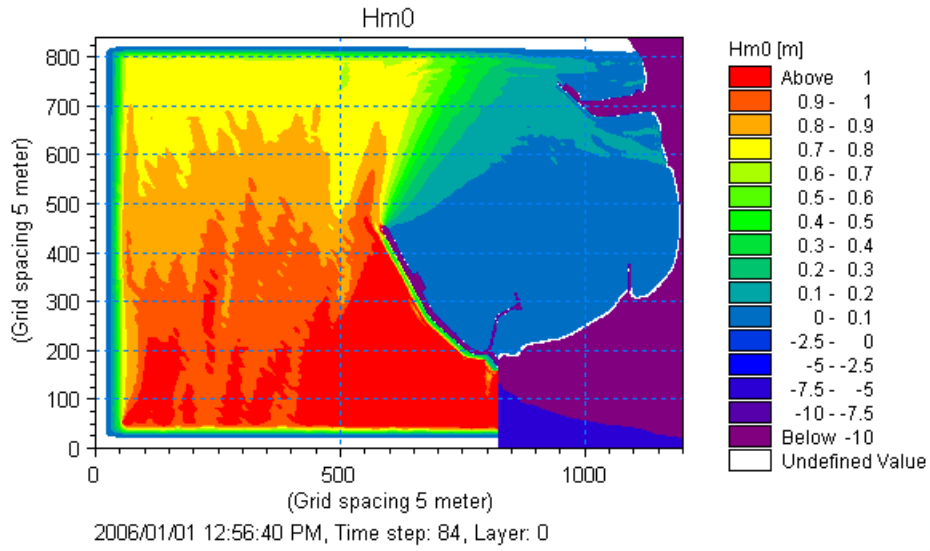
در شکل ۱۰ سری زمانی نسبت ارتفاع موج به موج ورودی در ایستگاه VEC1 برای مقادیر مختلف این پارامتر ارائه شده است. همچنانکه مشاهده می شود با گذر زمان روند مشخصی بین نتایج بدست آمده، ایجاد شده است. بطوریکه حداقل ارتفاع موج متعلق به حداقل مقدار پارامتر مزبور بوده و حداکثر مقدار آن نیز به مقادیر ۳۰ و ۴۰ این پارامتر تعلق دارد. دلیل این امر بدین صورت است که با افزایش مقدار این پارامتر تعداد جهات بیشتری وارد مسئله شده و باعث کاهش انرژی حداکثر و توزیع انرژی موج در جهات بیشتری می شود. بنابراین به نظر می رسد که مقدار بهینه این پارامتر در حدود ۳۰-۴۰ درجه می باشد.



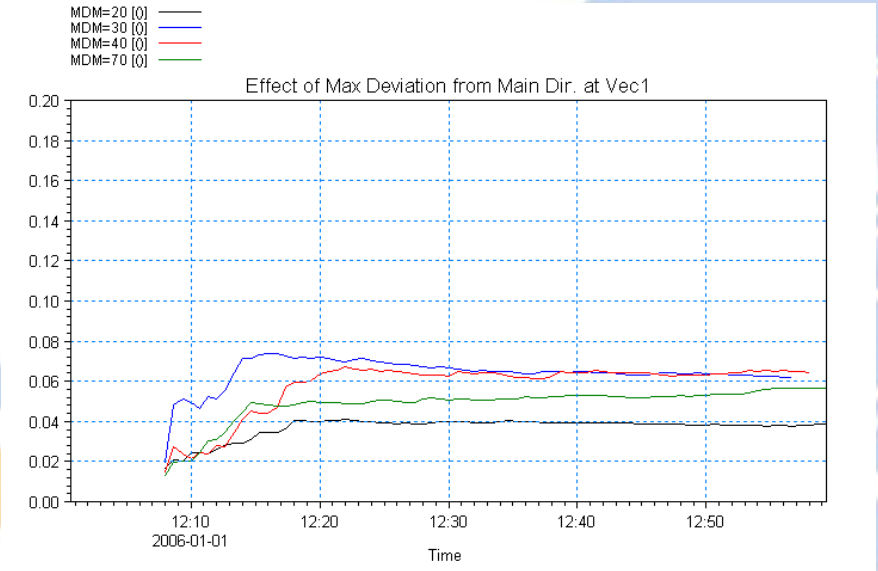
شکل ۸- ارتفاع موج در توزیع جهتی با حداکثر انحراف ۲۰ درجه از جهت اصلی

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۹- ارتفاع موج در توزیع جهتی با حداکثر انحراف ۳۰ درجه از جهت اصلی



شکل ۱۰- سری زمانی نسبت ارتفاع موج به موج ورودی برای پارامتر حداکثر انحراف از جهت اصلی در ایستگاه VEC1

مدلسازی شرایط واقعی و کالیبراسیون مدل

برای مدلسازی شرایط واقعی از بین رویدادهای اندازه گیری شده در ایستگاه های AW1 و VEC1 رویدادهایی انتخاب شده که بتوان مقادیر مشابهی را نیز در ایستگاه AQ3 انتخاب نمود. این عمل باعث می شود که اطلاعات بدست آمده از مدلسازیها در نقاط بیشتری مقایسه شده و صحت بیشتر این اطلاعات چک شود. بهمین منظور مشخصات رویدادهایی که برای مدلسازی شرایط واقعی انتخاب شده اند در جدول ۱ ارائه شده اند.

جدول ۱- مشخصات امواج مورد مدلسازی

	ارتفاع موج (متر)	پریود موج (ثانیه)	جهت موج (درجه)
۱	۰/۵۵	۱۱/۷۷	۱۷۹
۲	۰/۸	۱۵/۲۷	۱۷۹
۳	۱/۰۱	۱۲/۳۶	۱۷۸

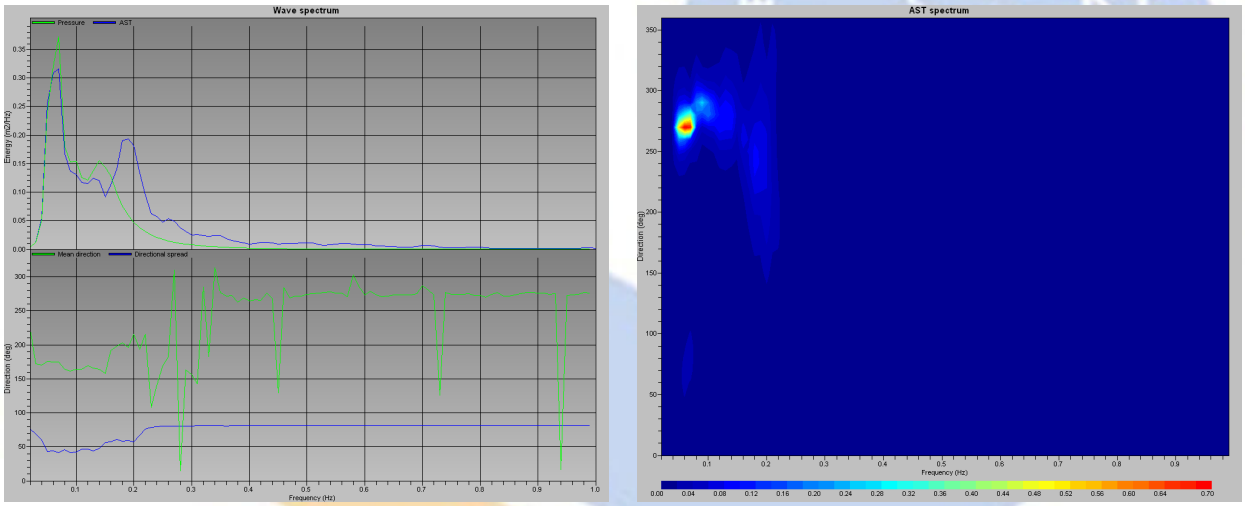
www.SID.ir

Archive of SID

برای مدلسازی ریاضی پدیده هایی که در طبیعت رخ می دهند شناخت این پدیده ها کمک زیادی به مدلسازی بهتر و مناسب تر آنها می کند. در اینجا نیز برای شناخت رفتار امواج تابیده شده به منطقه طرح از طیف های اندازه گیری شده آنها استفاده شده است. در شکل ۱۱ نمونه ای از این طیف ها که در ایستگاه AW1 اندازه گیری شده، نشان داده شده است. بطور کلی در این طیف ها مشاهده می شود که در فضای فرکانس بیشتر این طیف ها بیش از یک قله وجود دارد که نشاندهنده یک طیف ترکیبی از امواج محلی و دوراً می باشند. قله اول نشاندهنده فرکانس پیک امواج دوراً بوده و مقدار حداکثر دوم فرکانس پیک موج ترکیبی، ناشی از امواج محلی را نشان می دهد. در بیشتر این طیف ها مقدار حداکثر قله اول بیشتر از قله دوم بوده که بیانگر پریود بزرگتر امواج دوراً می باشد و در برخی نیز برعکس این موضوع می باشد. بعبارت دیگر پریود موج محلی غالب بوده که بعنوان پریود پیک در نظر گرفته می شود.

در تصاویر سمت راست این شکل ها که نشاندهنده کانتور انرژی موج در حوزه جهت– فرکانس می باشد، مشاهده می شود که این امواج به شدت جهتی می باشند و در حوزه فرکانس نیز دارای توزیع وسیع جهت می باشند. بطوریکه انحراف از جهت اصلی این امواج در طول فرکانس متغیر بوده و بطور معمول با افزایش فرکانس این پارامتر نیز افزایش می یابد. بعبارت دیگر امواج دوراً دارای انحراف کمتری بوده اما این پارامتر برای امواج محلی افزایش یافته و مقدار ثابتی نیز ندارد.

شکل ۱۱ طیف موج با ارتفاع ۰/۸ متر و پریود ۱۵/۲۷ ثانیه را نشان می دهد. در این شکل بنظر می رسد که طیف موج، ترکیبی از سه موج می باشد که پریود موج دوراً بیش از دو قله دیگر می باشد. ماکزیمم انرژی در این موج دارای باند باریکی می باشد. اما موج محلی دارای باند پهن تری نسبت به موج دوراً می باشد. این موج نیز هم در حوزه جهت و هم در حوزه فرکانس دارای توزیع وسیعی می باشد. همچنین در این شکل دیده می شود که حداکثر انحراف از جهت اصلی در طول فرکانس متغیر می باشد [۴].



شکل ۱۱- مشخصات طیف ورودی با ارتفاع ۰/۸ متر و پریود ۱۵/۲۷ ثانیه

پس از شناخت بهتر رفتار امواج تابیده شده به این منطقه و انجام تست های مقدماتی و حساسیت سنجی پارامترهای مختلف مدل نهایی بصورت زیر بر پا شده است:

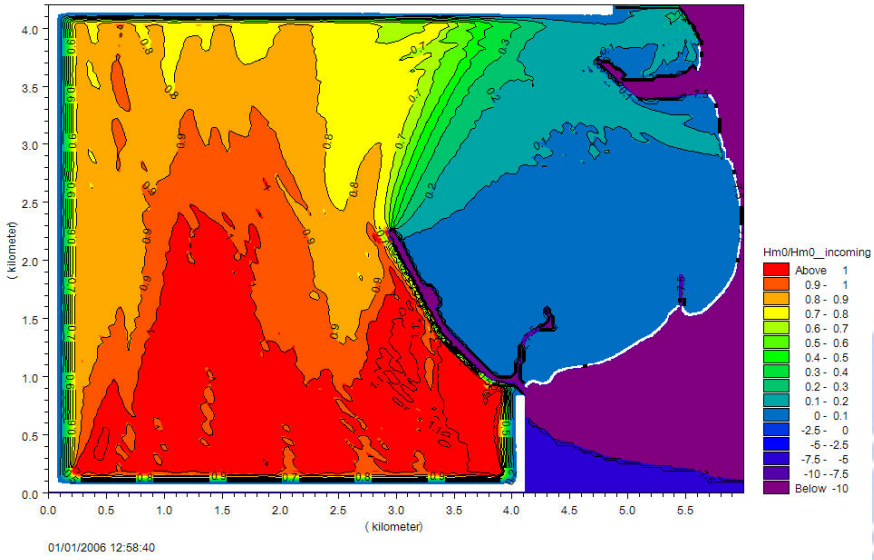
شبکه مورد استفاده: پس از انجام تست های فراوان با شبکه های مختلف در نهایت از یک شبکه با ابعاد ۳/۵×۳/۵ متر انتخاب شده است. این شبکه از لحاظ مدت زمان اجرای مدل نیز مناسب می باشد. در مدلسازی های نهایی از طیف های جهتی بهره گیری شده است. در این اجراها مقدار γ برابر ۳/۳ در نظر گرفته شده و توان توزیع کسینوسی موج نیز یک انتخاب شده است. حداکثر انحراف از جهت اصلی، پارامتر دیگری می باشد که مورد حساسیت سنجی قرار گرفت. در تستهای انجام شده مشاهده شد که مقدار این پارامتر در محدوده ۳۰ تا ۴۰ مناسب می باشد. بنابراین در اجراهای نهایی مدل نیز مقدار این پارامتر در این محدوده انتخاب شده است. گام زمانی اجرای مدلها نیز ۰/۰۸ ثانیه در نظر گرفته شده است که عدد کورانتی در حدود ۰/۲۸ را بدست می دهد. با توجه به موارد ذکر شده، مدل برای شرایط مختلف اجرا گردیده است.

لازم بذکر است که اندازه گیریهایی که در طی انجام پروژه در محل های AW1 و VEC1 صورت گرفته است دارای دو ماه همپوشانی با یکدیگر می باشند. تقریباً تمامی امواجی که در این دو ایستگاه بصورت همزمان وجود دارد از جهت جنوبی به منطقه مورد مطالعه تابیده شده است. بنابراین فقط جهت ۱۸۰ درجه برای انجام کالیبراسیون در نظر گرفته شده است. برای کالیبراسون مدل نفوذ موج از این اطلاعات همراه با اندازه گیری های انجام شده در ایستگاه AQ3 استفاده شده است. لازم بذکر است که بعلت نبود اطلاعات همزمان در این سه ایستگاه برای مقایسه نتایج بدست آمده از مدل و اندازه گیری در ایستگاه AQ3 از مشخصات موج مشابه استفاده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

در شکل ۱۲ نسبت ارتفاع موج به موج ورودی برای ارتفاع ۰/۸ متر و پریود ۱۵/۲۷ ثانیه بصورت نمونه نشان داده شده است. همچنین در جدول ۲ نتایج مدلسازی و مقایسه آنها با اطلاعات اندازه گیری شده در ایستگاه های VEC1 و AQ3 برای شرایط مختلف ارائه شده است. همچنانکه مشاهده می شود نتایج بدست آمده از مدل با مقادیر متناظر آنها در اندازه گیری ها تطابق بسیار خوبی داشته اند و نشان می دهد کـه ایـن مـدل توانایی لازم برای شبیه سازی پدیده تفرق موج را به نحو مناسبی دارا می باشد [۵].



شکل ۱۲- کانتورهای ارتفاع موج به موج ورودی با ارتفاع ۰/۸ متر و پریود ۱۵/۲۷ ثانیه

جدول ۲- مقایسه مقادیر ارتفاع موج اندازه گیری شده و مدل در شرایط مختلف در ایستگاههای VEC1 و AQ3 [۵]

شماره	ارتفاع موج (متر)	پریـــــود (ثانیه)	اندازه گیری (متر) (در VEC1)	مدل (متر) (در VEC1)	اندازه گیری (متر) (در AQ3)	مدل (متر) (در AQ3)
۱	۰/۵۵	۱۱/۷۷	۰/۰۴۳	۰/۰۴	۰/۲۹	۰/۳۱
۲	۰/۸	۱۵/۲۷	۰/۰۵۳	۰/۰۵۵	۰/۱۶	۰/۲۲
۳	۱/۰۱	۱۲/۳۶	۰/۰۹۶	۰/۰۷۱	۰/۲۹	۰/۳۱

نتیجه گیری

با توجه به نتایج بدست آمده از مدلسازی تفرق موج بدرون بندر شهید بهشتی، نتایج مهم بدست آمده در این تحقیق عباتند از:

- استفاده از توزیعهای جهتی موج نسبت به حالت یک جهتی تا حد زیادی سبب بهبود نتایج در داخل بندر می گردد. بنـابراین اسـتفاده از توزیـع جهتی نتایج قابل قبولی را بدست می دهد.
- با کاهش مقدار توان n در توزیع جهتی موج، ارتفاع موج در در پشت موجشکن افزایش می یابد. مقادیر توان ۱ و۲ برای این پارامتر توصیه می شود.
- با افزایش مقدار پارامتر حداکثر انحراف از جهت اصلی، مقدار پیشروی موج به سمت جلو کاهش یافته و امواج بیشتری بدرون بنـدر نفـوذ مـی کنند. مقدار ۳۰ تا ۴۰ درجه برای این پارامتر نتایج قابل قبولی را بدست می دهد.
- با افزایش مقدار پارامتر حداکثر انحراف از جهت اصلی، انرژی موج در جهت اصلی کاهش یافته و در جهات عرضـی (عمـود بـر جهـت اصـلی تابش موج) افزایش می یابد.
- مدل برای شرایط واقعی تابش موج اجرا و کالیبره شده است.
- نتایج بدست آمده نشان دهنده توانایی بالای مدلسازی پدیده تفرق موج توسط نرم افزار MIKE21-BW می باشد.

تقدیر و تشکر

www.SID.ir

Archive of SID

این تحقیق در قالب مطالعات مونیتورینگ و مطالعات مدلینگ بخش هـایی از سـواحل اسـتان سیـستان و بلوچـستان و بـا همکـاری اداره کـل مهندسی سواحل و بنادر سازمان بنادر و دریانوردی انجام شده است که بدین وسیله مراتب تقدیر و تـشکر از مـسئولین محتـرم ایـن اداره بـویژه جناب آقای مهندس کبریایی و مهندس اله یار اعلام می شود. همچنین نویسندگان مقاله از آقای دکتر دیباج نیا از شرکت Baird بعنوان مشاور پروژه که در تحلیل نتایج راهنمایی های ارزنده ای ارائه نمودند کمال تشکر و قدردانی را دارند.

منابع

[1] DHI water & Environment, 1997, "MIKE21 wave dynamics, Boussinesq wave Module-user guide".

[2] P.A. Madsen, R. Murray and O.R.Sorensen. 1991, "A new form of the Boussinesq equations with improved linear dispersion characteristics". *Coastal Engineering*, 15:371-388.

[3] P.A. Madsen and O.R.Sorensen, "A new form of the Boussinesq equations with improved linear dispersion characteristics. Part 2. A slowly-varying bathymetry", *Coastal Engineering*, 18:183-204.

[۴] شرکت جهاد تحقیقات آب و انرژی " گزارش اندازه گیریهای میدانی در محدوده خلیج چابهار"، ۱۳۸۷.

[۵] شرکت جهاد تحقیقات آب و انرژی، "گزارش نهایی مدلسازی پدیده های دریایی در محدوده خلیج چابهار"، ۱۳۸۷.

www.SID.ir

Archive of SID

Mathematical Modeling of Wave Penetration into Shahid Beheshti Port

A. M. Nabi Allah Dadi

A. Nasrollahi]

Abstract

Disturbance in harbors' wave pools is one of the most important parameters which determines the which location is optimal for construction of a harbor. Wave height distribution in a harbor or bay is determined by the wave scattering properties either due to natural structures or construction of onshore structures that provide protection against waves. Therefore, understanding the process of scattering and wave penetration seems to be essential. This research deals with the mathematical modeling of wave penetration into Shahid Beheshti port using BW-MIKE21 model. After re-measurement of helpful data of this area, the model was evaluated and its results were calibrated. The results obtained from this study showed remarkable effects of multi-direction waves in comparison with single-direction ones. Also, the optimal value of coefficient of 'n' and maximal deviation from the main direction was calculated in relation to directional distribution. It was further indicated that reduced value of 'n' in wave directional distribution causes an increase of wave height behind breakwater.

Keywords*: wave pools, Wave height distribution, BW-MIKE21 model, single – direction, Shahid Beheshti, Persian Gulf*

www.SID.ir