مطالعه اثر آبشکنها بر الگوی امواج و جریانات دریایی در کرانه سواحل به کمک شبیه سازی ریاضی

پیمان بدیعی معاون پژوهش و مطالعات منابع آب ایران (تاریخ دریافت ۷۹/۷/٤ ، تاریخ تصویب ۸۰/۹/۳)

چکیدہ

در این مقاله مبانی توسعه یک مدل ریاضی که بتواند تاثیر آبشکنها را بر میدان جریانات ناشی از امواج در نزدیک ساحل شبیه سازی نماید, توضیح داده شده است. مدل مورد بحث که با استفاده از روش تفاضل محدود¹ نگاشته شده است, جریانهای ناشی از امواج را با استفاده از حل عددی معادلات دو بعدی Navier Stokes که در عمق انتگرال گیری شده اند، محاسبه مینماید. با توجه به اهمیت اندرکنش موج –جریان در شکل گیری رژیم هیدرودینامیک ناحیه کرانه ای^۲، تدابیر لازم برای منظور داشتن این فرآیند در محاسبات برنامه ریزی شده در این مدل ریاضی اندیشیده شده است. مدل ریاضی توسعه یافته با اطلاعات حاصل از اندازه گیریهای آزمایشگاهی گزارش شده در نتایج محاسبات در دو حالت با و بدون در نظر گرفتن اثر اندرکنش موج –جریان صورت گرفته است و اثر ملحوظ داشتن این فرآیند در اصلاح نتایج مورد بحث قرار گرفته است.

واژه های کلیدی : مدلسازی ریاضی، معادلات Navier Stokes انتگرال گیری شده در عمق، روش تفاضل محدود، آب شکن، جریانات ناشی از امواج، اندرکنش موج-جریان، منطقه ساحلی

مقدمه

۱۰

طراحی و اجرای آبشکنها به عنوان سازه هایی که با هدف حفاظت سواحل در مقابله با فرسایش ناشی از حمله امواج احداث میشوند نیازمند ابزارهای مهندسی است که بر مبنای شناخت مناسب از است که بر مبنای شناخت مناسب از است که بر مبنای شناخت مناسب از مدلمای میشوند نیازمند ابزارها با محیط اطراف اندرکنش این نوع سازه ها با محیط اطراف مدلهای عددی هستند. در مقاله حاضر از یک مدلهای عددی به نام NEWIC این ابزارها SHORE <u>W</u>AVE <u>I</u>NDUCED CURRENT)

که در جریان انجام این مطالعات نگاشته شده است، جهت بررسی تاثیر آبشکنها بر الگوی جریانات ناشی از امواج در منطقه کرانه ای استفاده شده است. نتایج محاسبات این مدل با اطلاعات حاصل از اندازه گیریهای آزمایشگاهی که در مرجع [۱] تشریح شده اند، مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفته اند. NEWIC ناده موج و زیر مدل جریان. زیر مدل موج در مرجع است؛ زیر مدل موج و زیر مدل جریان. زیر [۱] توضیح داده شده است. در این مقاله مجموعه معادلات حاکم بر زیر مدل جریان و روش حل عددی آنها به اجمال تشریح

شده است. محاسبات مدل ابتدا بدون ملحوظ نمودن اثر اندرکنش موج و جریان با نتایج آزمایشات مقایسه شده است و سپس اثرات ملحوظ نمودن این پدیده در بهبود نتایج محاسبات و انطباق بیشتر آنها با نتایج اندازه گیریهای آزمایشگاهی مورد بحث قرار گرفته است.

زير مدل جريان

جريان اطراف آبشكنها اصولا داراي یک ماهیت سه بعدی است، لیکن مشکلات موجود در مدلسازی سه بعدی، کاربرد چنین مدلی را در شبیه سازی محدوده های بزرگ ساحلی عملا غیر ممکن میسازد. علاوه بر این پدیده های سه بعدی عمدتا در محدوده نزدیک به آبشکنها از اهمیت برخوردار هستند و در فواصل دورتر یک مدل دوبعدی جوابگوی بسیاری از مسائل مهندسی است. لذا در این مطالعه یک مدل دو بعدی انتگرال گیری شده در عمق و متوسط گیری شده در ز مان روابط مبنای بر Navier-Stokes برای زیر مدل جریان

است. در این روابط فرض بر این است که
سرعت جریان بسیار کمتر از سرعت مداری[°]
موج میباشد. این روابط عبارتند از:
$$\tau_{bx} = 4.0 \rho \frac{C_f}{\pi} \hat{u}_{bw} U$$
 (۳)

$$\tau_{by} = 2.0 \rho \frac{C_f}{\pi} \hat{u}_{bw} V \tag{(\xi)}$$

که در آنها سرعت مداری موج در نزدیک بستر، $\hat{u}_{bw} = \frac{\pi H}{T \sinh(kd)}$ و ضریب است، $\hat{u}_{bw} = \frac{\pi H}{T \sinh(kd)}$ د نظر گرفته شده اصطکاک $\Gamma_f = \cdot \cdot \cdot \cdot$ د نظر گرفته شده است. است. تنشهای آشفتگی بر اساس مفهوم لزجت تنشهای آشفتگی بر اساس مفهوم لزجت و با استفاده از \hat{Z}_{cliph} ای Γ_{ij} و با استفاده از $\frac{T_{ij}}{\rho d} = v_i \left(\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i}\right)$

در رابطه فوق V_t ضریب لزجت گردابه ای است که بر اساس رابطه پیشنهادی مرجع [۲] به شکل زیر محاسبه میگردد: $v_t = N I_x \sqrt{gd}$ (7)

که I_x فاصله از خط ساحل است. بر اساس نظر مولفین مرجع [۲] رابطه فوق فقط بعد از شکست موج صادق است و خارج از ناحیه کرانه ای^۷ یک مقدار (7)

کفایت مینماید. این معادلات به شکل زیر هستند:

$$\frac{\partial \overline{\eta}}{\partial t} + \frac{\partial (U_i d)}{\partial x_i} = 0$$

$$\frac{\partial U_j}{\partial t} + U_i \frac{\partial U_j}{\partial x_i} = -g \frac{\partial \overline{\eta}}{\partial x_j} - \frac{1}{\rho d} \frac{\partial}{\partial x_j} \left(S_{ij} - T_{ij} \right) - \frac{\tau_{bj}}{\rho d}$$

$$(1)$$



در این معادلات S_{ij} و T_{ij} به ترتیب تانسورهای تنشهای تشعشعی^T و تنشهای آشفتگی³, τ_{bj} تنش ناشی از اصطکاک کف و U_i سرعت جریان در جهت x_i است. برای محاسبه اصطکاک بستر از روابط پیشنهاد شده در مرجع [۱] استفاده شده

			>	v	Ý		 ,	*	- η		0	D	ata	fro	m	
	jlB	ŕ		v			J,			v		v		v	jRl	3+1
	e	, w	0	- м	0		0	, M	0	- м	0	м м	0	Ň	0	IST SHORE
	Ø	±	ଇ	ŕ	ଇ	÷	ଇ	÷	ଇ	ŕ	Ø	÷	ଇ	ŕ	ଇ	IOFESHORE
	5	A	2	v	2	۷	2	۷	2	v	2	۷	2	A	2	
	Ø		۲	ŧ	۲		۲		۲	ŧ	۲		۲	\$	Ø	
	-	A		۷		۷		۷	-	۷	-	۷		A		i+1/2
	Ø	ŧ	۲	ŧ	۲	ŧ	۲	\$	۲	ŧ	۲	\$	۲	ŧ	Ø	1
		A		۷		۷		۷		۷		۷		A		l-1/2
x	۲	Ŧ	۲	ŧ	۲	Ŧ	۲	ŧ	۲	¢	۲	Ŧ	۲	\$	۲	IGT
		A		۷		۷		۷		۷		۷		A		
	۲	\$	۲	\$	۲	\$	۲	\$	۹	\$	۲	\$	۲	\$	۲	
		A		۷		۷		۷		۷		۷		A		
	Ø	Ŧ	0	ŧ	0	t	0	ŧ	€	ŧ	0	t	۲	ŧ	0	ISHORE
		۷		۷		۷		V		v		۷		۷		

شکل ۲: شیوه یک درمیان در گره بندی محیط محاسباتی. شکل (۳), متغیرهای مورد استفاده در استخراج روابط تفاوت محدود روی یک شبکه یک در میان با فواصل متغیر را نشان

ميدهد.



شکل ۳ : نمادهای مورد استفاده در گره بندی با فواصل متغیر.

م و Δy فواصل گره های مبنا در جهات Δx و Δy فواصل گره $\lambda y_{\rm j}$ و $\lambda x_{\rm i}$ در هر گره X و $\chi_{\rm j}$ مستند. ضرایب $\lambda x_{\rm i}$ و $\lambda x_{\rm j}$ در هر گره جهت تولید شبکه گره های با فواصل متغیر در محیط محاسباتی مورد استفاده قرار

حداقل
حداقل
(
$$V_{t,min} = \cdot \cdot \cdot \cdot \circ$$
)
شده است.
تنشهای تشعشعی توسط رابطه زیر قابل
محاسبه میباشند.
 $\begin{bmatrix} S_{xx} & S_{xy} \\ S_{yx} & S_{yy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{E}{2} [(3 + \cos 2\theta)n_w - 1] & En_w \sin \theta \cos \theta \\ En_w \sin \theta \cos \theta & \frac{E}{2} [(3 - \cos 2\theta)n_w - 1] \end{bmatrix}$
(V)

$$x$$
 امتداد عمود بر ساحل, y امتداد موازی با
ساحل, θ زاویه θ زاویه
برخورد موج با محور x و n_w از رابطه:
 $n_w = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2kh}{\sinh 2kh} \right)$ (۸)

$$L$$
 محاسبه میشود. k عدد موج $\left(k=rac{2\pi}{L}
ight)$ و d طول موج است.

۱۳

1/2λ <i>x_μ</i> Δ	x_1/	2λ <i>x</i> ,Δ <i>x</i>
-0	•	
g1 _{i-1/2}	i	g1 _{i+1/2}

مقدار gI_i مقدار میان معلوم i مقدار gI_i در یک شبکه یک در میان معلوم i نیست. اگر از متوسط وزنی gI در گره i بجای gI_i در رابطه (۱۳) استفاده نماییم, بجای gI_i در رابطه (۱۳) استفاده نماییم, $\frac{\partial gI}{\partial x}_i = \frac{gI_{i+1/2} - gI_{i-1/2}}{\frac{1}{2}(\lambda x_i + \lambda x_{i-1})\Delta x}$ (12)

این رابطه فقط در حد درجه اول دقت دارد gI_i تخمین I_i J_i تخمین ا $\lambda x_i = \lambda x_{i-1}$ استفاده شده است. لیکن اگر $\lambda x_{i-1} x_{i-1}$ $\lambda x_i = \lambda x_{i-1}$ اگر استفاده شده است. میشود باشد، مقدار I_i از رابطه (۱۳) حذف میشود و رابطه (۱٤) از درجه دوم دقت خواهد شد. در این مطالعه در مواردی که از گره بندی با فواصل نامساوی استفاده شده است محیط محاسباتی به نواحی با گره بندی متساوی الفاصله تقسیم شده است و فقط در مرز این نواحی دقت از مرتبه اول خواهد بود.استفاده

میگیرند. رابطه بین λx_i و $\lambda x'_i$ براساس شکل فوق به صورت زیر است: $\lambda x_i' \Delta x = \frac{1}{2} \left(\lambda x_i \Delta x + \lambda x_{i+1} \Delta x \right) \Longrightarrow \lambda x_i' = \frac{1}{2} \left(\lambda x_i + \lambda x_{i+1} \right)$ (٩) تابع flرا میتوان به کمک سری Taylor به شکل زیر بسط داد: $fI_{i+1} = fI_i + (\lambda x_i \Delta x) \frac{\partial fI}{\partial x}\Big|_i + \frac{(\lambda x_i \Delta x)^2}{2!} \frac{\partial^2 fI}{\partial x^2}\Big| + O(\Delta x)^3$ $(\mathbf{)}$ $fI_{i-1} = fI_i - (\lambda x_{i-1}\Delta x)\frac{\partial fI}{\partial x} + \frac{(\lambda x_{i-1}\Delta x)^2}{2!}\frac{\partial^2 fI}{\partial x^2} + O(\Delta x)^3$ (11)چنانچه رابطه (۱۰) را در (λ*x_{i-1}) و* رابطه (11)١, در خرب کنیم و حاصل را با یکدیگر ($\lambda x_i)^2$ جمع نماييم خواهيم داشت:

مطالعه اثر آبشکنها بر الگوی

$$\frac{\partial fI}{\partial x}\Big|_{i} = \frac{\lambda x_{i-1}^{2} fI_{i+1} + (\lambda x_{i}^{2} - \lambda x_{i-1}^{2}) fI_{i} - \lambda x_{i}^{2} fI_{i-1}}{\lambda x_{i} \lambda x_{i-1} (\lambda x_{i} + \lambda x_{i-1}) \Delta x} + O(\Delta x)^{2}$$
(17)

$$\frac{\partial gI}{\partial x}\Big|_{i} = \frac{\lambda x_{i-I}^{2} gI_{i+I/2} + (\lambda x_{i}^{2} - \lambda x_{i-I}^{2})gI_{i} - \lambda x_{i}^{2} gI_{i-I/2}}{\frac{1}{2}\lambda x_{i}\lambda x_{i-I}(\lambda x_{i} + \lambda x_{i-I})\Delta x} + O(\Delta x)^{2}$$

$$(\mathbf{17})$$

آبشکنها, مرزهای داخلی قلمداد میشوند. محور تقارن هر آبشکن از گره های V عبور مینماید و در محل آبشکنها سرعت V صفر فرض میگردد. مشابه آنچه در مورد مرزهای جانبی بسته گفته شد، در محل آبشکنها شرط مرزی دیوار نسبت به دو پارامتر دیگر (U)و $\overline{\eta}$) اعمال میگردد.

به منظور ایجاد قابلیت شبیه سازی سواحل با شکل نامنظم، موقعیت خط ساحل به عنوان یک متغیر به برنامه معرفی شده است. یک عمق حداقل (d_{min}) به همه گره هایی که عمق آب ساکن در آنها از این مقدار کمتر است نسبت داده میشود. خط ساحل بر گره ها به خشکی که دارای عمق حداقل میباشند، تشکیل میشود.

آب افتادن در خشکی به دلیل خیزآب ناشی از موج نیز در مدل لحاظ شده است. مقدار خیزآب در محل خط ساحل و یک نقطه ماقبل آن به عنوان مبنای برون یابی خطی برای محاسبه اعماق ناشی از خیزآب در گره های تعریف شده در خشکی مورد استفاده قرار گرفته اند. مقدار خیزآبی که بدین ترتیب محاسبه شده است به عمق واقعی آب ساکن در این گره ها اضافه میشود و چنانچه عمق از این روش هیچگونه ناپایداری در محاسبات ایجاد ننمود. در خط ساحل، سرعت عمود بر ساحل صفر فرض شده است و شرطی روی سطح متوسط آب (آ) اعمال نشده است. دو گزینه برای شرط مرزی سرعت موازی ساحل در این مرز در نظر گرفته شده است که عبارتند از:

V=0 (Dirichlet boundary condition)

 $\frac{\partial V}{\partial x} = 0$ (Neumann boundary condition)

مرزهای جانبی میتوانند کاملاً بسته یا نیمه بسته باشند. در قسمتهای بسته مرز، V صفر فرض میشود، U بر اساس شرط مرزی دیوار ⁽⁾، که میدان جریان را در دو طرف دیوار متقارن فرض مینماید، محاسبه میگردد. هیچ شرطی در مرزهای جانبی روی \overline{n} اعمال نمیگردد. در قسمتهای باز مرز، شرط مرزی Neumann در مورد هر سه مجهول U، U

در مرز دور از ساحل یکی از شروط مرزی Neumann یا Dirichlet نسبت به U و V اعمال میگردد و \overline{n} در این مرز صفر فرض میشود.

است، اندرکنش بین موج و جریانات ناشی از امواج به عنوان یک گزینه قابل انتخاب در برنامه گنجانیده شده است. این فرآیند توسط یک حلقه محاسباتی عملی میگردد. بعد از پایان هر گام زمانی و در صورت عدم دستیابی به همگرایی در زیر مدل جریان، میدان جریان و اعماق محاسبه شده آب به میدان جریان و اعماق محاسبه شده آب به میدان جریان و اعماق محاسبه شده آب به میدان حریان و اعماق محاسبه شده آب به میشوند و میدان جدید موج که تحت تاثیر میگردد. مشخصات موج اصلاح شده سپس مجدداً به زیر مدل جریان داده میشود و این حلقه تا همگرایی میدان جریان ادامه می یابد.



شکل ۵ : نمودار مراحل اجرای برنامه در زیر مدل جریان.

حاصله از عمق حداقل بيشتر بود اين نقاط نقاط "تر" محسوب میگردند. بر این اساس محاسبات مجدداً بر مبنای اعماق اصلاح شده تکرار میشود. تجربه نشان داد که یک تکرار در این مورد کفایت مینماید. زیر مدل جریان از دو زیر برنامه'' اصلی تشکیل یافته است؛ زیر برنامه XSWEEP و زیر برنامه YSWEEP که بر اساس روش ADI, کل محیط محاسباتی، شامل مرزها را به ترتیب در جهات x و y پوشش میدهند و مقادیر مجهولات را در نصف گام زمانی ارتقاء میدهند. این روال در داخل یک حلقه زمانی در برنامه ادامه می یابد تا زمانيكه مقادير مجهولات مورد نظر (U, V و) به حالت پایدار برسند. ورودیهای زیر مدل جریان از زیر مدل موج گرفته میشوند. زیر برنامه CFLOOD با هدف اصلاح خط ساحل و عمق آب اجرا میشود و کل روند توضيح داده شده در قبل يكبار ديگر تکرار میشود تا میدان سرعتها در کل گره ها محاسبه گردد.

اندرکنش موج و جریان همانگونه که در نمودار اجرا^{۱۲} مدل نشان داده شده

بیرونی (انتقالی)^{۱۲} ، ناحیه درونی و ناحیه بالا روی (آبشستگی)^{۱۰}. تبدیل امواج از یک میدان منظم جریان غیر چرخشی به یک جریان آشفته چرخشی ناگهانی نیست و از یک مرحله گذار و انتقالی در ناحیه بیرونی به ناحیه درونی صورت میگیرد. در مرجع [۳] پیشنهاد شده است که که در ناحیه بیرونی انرژی پتانسیل موج به یک جریان ممنتم به سمت ساحل تبديل ميشود كه سبب به حرکت در آوردن چرخکهای سطحی میگردد. به نظر مؤلفین مرجع [٤] در ناحیه بیرونی انرژی پتانسیل به انرژی جنبشی تبدیل میشود و سپس انرژی موجود در ناحیه درونی از طریق آشفتگی جریان مستهلک میشود. بر مبنای هر دوی این نظریات، در ناحیه بیرونی با افت انرژی پتانسیل مواجه میشویم که همراه با کاهش موضعی ارتفاع موج میباشد. در این زمان هنوز استهلاک انرژی صورت نگرفته است بلکه انرژی پتانسیل به انرژی جنبشی تبدیل یافته است. مشخصه های نواحی بیرونی و

درونی را میتوان به شرح زیر برشمرد: ۱ – در ناحیه بیرونی (انتقالی) بر اساس نظر ارائه شده در مرجع [۹]، سطح متوسط آب تقریبا ثابت باقی می ماند، در حالیکه در

اثرات ناحیه بیرونی^{۳۲} بر جریانات ناشی از امواج در نتیجه شکست موج حرکت غیر چرخشی سیال در خارج از ناحیه کرانه ای به یک جریان چرخشی توأم با استهلاک انرژی در داخل ناحیه کرانه ای تبدیل میشود. استهلاک انرژی ناشی از ایجاد جریان آشفته، عامل اصلی در شکل گیری جریانات ناشی از امواج و تغییر در سطح متوسط آب در ناحیه کرانه ای است. در اولین قدمهای مرتبط با استخراج معادلات حاکم بر جریانات ناشی از امواج که با معرفی مفهوم تنشهای تشعشعي توسط مؤلف مرجع [٢] أغاز گردید، فرض بر این بود که استهلاک انرژی درست پس از نقطه شکست موج آغاز میگردد. سرعت جریان موازی ساحل و خيزاًب ناشي از موج كه با اين فرض محاسبه میگردد، در مقایسه با نتایج حاصل از اندازه گیری،

اختلافاتی را به صورت سیستماتیک نشان میدهند.

برای توضیح مشخصات جریان بعد از شکست موج، مؤلفین مرجع [۲] ناحیه کرانه ای را به سه بخش تقسیم نمودند؛ ناحیه

میدارند. در نتیجه گیری این مقایسه چنین بیان شده است که روش ارائه شده در مرجع [7] هم به لحاظ توصیف فیزیکی فرآیند و هم به لحاظ تجربی مناسب ترین روش است. روش مذکور در مرجع [۷] بسط داده شد تا مسائل شبه سه بعدی را نیز در یک مدل جریانات نزدیک ساحل جوابگو باشد. روشهای فوق اصولا بر اساس اطلاعات حاصل از امواج منظم واسنجی شده اند و در مورد آزمایشات با امواج نامنظم که در این مطالعه مطرح بوده اند کاربرد ندارند.

در یک روش جایگزین و غیر مستقیم، بجای اصلاح مقادیر تنشهای تشعشعی، انرژی (ارتفاع) امواج که در محاسبه تنشهای تشعشعی مورد استفاده قرار میگیرند اصلاح میگردند. روشهای پیشنهاد شده در مرجع [۸] در این رده قرار دارد. در این روش نقطه شکست بطور مصنوعی به سمت ساحل کشانده میشود و ارتفاع امواج که بر اساس موقعیت اصلاح شده نقطه شکست محاسبه شده اند, مبنای محاسبه تنشهای تشعشعی قرار میگیرند.

روش ارائه شده در مرجع [۱۳] که تطابق بیشتری با مدل NEWIC داشت، در شبیه سازیهایی که در بخشهای آتی این مقاله ناحیه درونی سطح متوسط آب به شکلی سریع افزایش می یابد. ۲ – ارتفاع موج در ناحیه بیرونی به شکلی موضعی کاهش می یابد بدون اینکه این کاهش به منزله استهلاک انرژی موج و یا افزایش تنشهای تشعشعی موج باشد. در ناحیه درونی، بر اساس نظریه مرجع [۹]، تنشهای تشعشعی و گذر انرژی امواج بیشتر میشود.

مرجع [٥] چهار روش پیشنهاد شده توسط محققین مختلف را با هم مقایسه نموده است. در هر چهار روش روابط انرژی و ممنتم اصلاح شده اند تا اثر چرخکهای سطحی (یا تبدیل انرژی پتانسیل به انرژی جنبشی) را در نظر بگیرند. روابط عمومی که میتوان از آن استفاده نمود عبارتست از:

 $\frac{\partial}{\partial x}(E_wc_g)+\Gamma_x=D_b$ $S_t=S_w+S_r$ $\sum_{t=S_w+S_r}$ $\sum_{t=S_w+S_r}$ $\sum_{t=S_w+S_$

لیکن در ناحیه بیرونی مقدار استهلاک انرژی که در مرجع [۱٤] به شکل زیر پیشنهاد شده است:

$$D = \frac{\kappa}{h} [(E - E_{st})c_g]$$

$$E_{st} = \frac{1}{8} \rho g (H_{st})^2, \quad H_{st} = \gamma h$$
(10)

کمتر از ناحیه درونی در نظر گرفته شده است. در رابطه فوق که در زیر مدل موج مورد استفاده قرار گرفته است \mathcal{X} ضریب استهلاک انرژی, \mathcal{I} انرژی موج, \mathcal{E}_{st} انرژی پایدار موج, \mathcal{Y} ضریب ارتفاع پایدار موج و \mathcal{D} نرخ استهلاک انرژی در واحد سطح است. کاهش میزان استهلاک انرژی در ناحیه بیرونی با کاهش ضریب \mathcal{X} با توجه به رابطه زیر صورت گرفته است.

 $\kappa_{\text{transition zone}} = C_{\kappa} \kappa_{\text{inner zone}}$ بر اساس تجربیات حاصل از این مطالعه، مقدار \mathcal{K}_{κ} برابر ۲/۰ نتایج قابل قبولی بدست میدهد و لذا \mathcal{K}_{τ} نتایج قابل تنظیم در این روش میباشد. ضریب لزجت گردابه ای، \mathcal{K}_{ι} محداکثر مقدار خود را در مرز دو ناحیه درونی و بیرونی بدست می آورد و بعد از این نقطه (به سمت دریا) به آرامی به حداقل خود یعنی ۰۰۰۰۰ مطرح خواهد شد مورد آزمایش قرار گرفت لیکن این روش برای شرایطی که در پروفیل بستر پشته دور از ساحل^{۲۱} وجود داشته باشد مناسب نیست.



روش دیگری در مقاله حاضر برای این منظور پیشنهاد شده است. ایده اصلی اصلاح انرژی موج در ناحیه بیرونی است. طول ناحیه بیرونی l_t همانگونه که در شکل (٦) نشان داده شده است، کسری از طول ناحیه نشان داده شده است، کسری از طول ناحیه کرانه ای، d_l فرض میشود. نسبت $d_t b_t$ به عنوان یک پارامتر قابل تنظیم در نظر گرفته شده است. در روش پیشنهادی محل شکست ثابت نگه داشته شد

ضریب لزجت گردابه ای (رابطه ۲)، ۰/۰۱ در نظر گرفته شد و در رابطه نرخ استهلاک انرژی (رابطه ۱۵)، ضرایب نرخ اتلاف انرژی، ۳۵/۰۰= ۲ و ارتفاع پایدار موج، ۲/۰= ۲ در نظر گرفته شدند.

اثر ناحیه بیرونی (انتقالی) همانگونه که قبلا اشاره گردید، تغییر شکل موج در ناحیه بیرونی اثر بارزی روی توزیع سرعت جریان موازی ساحل دارد. با توجه به نمادهای تعریف شده در شکل (٦)، اثر طول ناحیه بیرونی (که در پارامتر C_t اثر طول ناحیه بیرونی (که در پارامتر بای جریانات موازی ساحل در شکل (۷) نشان جریانات موازی ساحل در شکل (۷) نشان داده شده است.



 C_t شکل ۷ : اثر نسبت طول ناحیه بیرونی ، , ، برتوزیع سرعت جریانات موازی ساحل

شبیه سازی ریاضی آزمایشات فیزیکی در این بخش پیش بینی های مدل ریاضی NEWIC با نتایج حاصل از آزمایشات فیزیکی گزارش شده در مرجع [۱] مقایسه شده اند. کد گذاری آزمایشات آزمایشگاهی که در زیر مورد استفاده قرار گرفته اند از مرجع [۱] اقتباس شده است.

آزمایشات روی ساحل مستقیم و با طول محدود

در اولین مرحله ساحل مستقیم و با طول محدود یعنی

آزمایشات NSB_3 و NSB_4 میبیه NSB_1 میشوند. همانگونه که در مرجع [۱] اشاره شد، نتایج آزمایشات MSB_1 و NSB_2 به دلیل وجود جریانات سوزنی NSB_2 به دلیل وجود جریانات سوزنی شکل^{۱۰} قابل مقایسه با مدل حاضر نمیباشد چرا که مدل حاضر جریانات زیر کش^{۱۰} حاصل از امواج را شبیه سازی نمی نماید. از آزمایش 3_NSB برای واسنجی مدل در مورد امواج منظم استفاده گردید. برای ضریب اصطکاک C_7 مقدار ایران انتخاب شد، ثابت N در محاسبه

نشریه دانشکده فنی، جلد ۳۶، شماره ۱، خردادماه ۱۳۸۱











اگر C_t برابر صفر فرض شود، یعنی از اثر ناحیه بیرونی صرفنظر شود، حداکثر سرعت موازی ساحل در پیش بینی مدل نسبت به اندازه گیریها کمتر خواهد شد. بر اساس یک قضاوت مشاهداتی، جهت انطباق بیشتر نتایج محاسبات مدل با داده ها، مناسب ترین مقدار ۲۶/۰ = T تشخیص داده شد. نتایج پیش بینی های مدل برای سایر مقاطع نتایج پیش بینی های مدل برای سایر مقاطع امواج محاسبه شده در مقایسه با مشاهدات آزمایشگاهی در مقاطع مختلف در شکل (۹) نشان داده شده است و تصویر کلی از نشان داده شده است و تصویر کلی از مریانات موازی ساحل ناشی از امواج در شکل (۱۰) نشان داده شده است.



نشان میدهند مگر در ناحیه نزدیک به مرز بالا دست که مقادیر سرعتها بیشتر محاسبه شده است. در شکل (۹) دیده میشود که زوال انرژی موج در ناحیه کرانه ای تطابق نسبتاً خوبی با نتایج اندازه گیریها نشان میدهد. محل شکست موج نیز به خوبی پیش بینی شده است، لیکن ارتفاع موج در محل شکست از مقدار اندازه گیری شده آن کمتر است.

شرایط در آزمایش 4_NSB کاملا شبیه به شرایط در آزمایش 4_NSB کاملا شبیه به SE_3 میباشد با این تفاوت که در این آزمایش از امواج نامنظم با ارتفاع مجذور متوسط مربعات m ۸۰۰۷ = H_{rms} استفاده شده است. در این آزمایش در مقایسه با شده است. در این آزمایش در مقایسه با آزمایش قبل، ضریب زوال انرژی موج کمتری(۲/۰ = K)باید مورد استفاده قرار گیرد تا ارتفاع موج پیش بینی شده در ناحیه کرانه ای با اندازه گیریهای انجام شده انطباق بیشتری داشته باشد. این مسئله بخوبی در شکل (۱۱) نمایان است. مطالعه اثر آبشکنها بر الگوی









با توجه به شکل (۸) سرعتهای محاسبه شده در طول ساحل انطباق خوبی با اندازه گیریها

میشود. مقادیر پیش بینی شده سرعتها در مقاطع مختلف در طول ساحل و تصویر کلی از جریانات موازی ساحل در اشکال (۱۲) و (۱۳) نشان داده شده اند.











شکل ۱۱: ارتفاع موج محاسبه شده در آزمایش NSB_4.

این تفاوت احتمالا بدین سبب است که در آزمایش با امواج نامنظم عرض ناحیه کرانه ای بیشتر از آزمایش با امواج منظم است (در آزمایش 3_NSB، طول l_b ، ۲/۱ متر بود در حالیکه در آزمایش 4_NSB، این طول ۰/۱ حالیکه در آزمایش 4_NSB، این طول ۰/۱ متر اندازه گیری شده بود) و لذا طول بیشتری برای زوال انرژی موج در اختیار است. تفاوت دوم در شبیه سازی این آزمایش این بود که نسبت ۲/۱۰ آزمایش این بود که نسبت ۰/۲٤ مقدار کمتر این ضریب نسبت به آزمایشات مقدار کمتر این ضریب نسبت به آزمایشات با موج منظم (۲۶/۰ $=_T$) احتمالا به این دلیل است که در آزمایش با امواج نامنظم آشفتگی بیشتری در حرکت ذرات سیال وجود دارد و لذا طول ناحیه بیرونی کمتر

از این اشکال چنین استنباط میشود که انطباق نتایج محاسبات با پیش بینی های مدل در آزمایش NSB_4 خیلی بهتر از آزمایش NSB_3 است.

بطور خلاصه مقادیر عوامل مورد استفاده در واسنجی مدل در جدول زیر ذکر گردیده اند:

ده شده برای	قادیر بکار بر	چدول ۱ : م
اسنجي مدل .	استفاده در و	عوامل مورد

	موج منظم	امواج نامنظم
N	• / • 1	•/•1
C_{f}	•/•10	•/•\0
κ	• /٣٥	• / ٢
γ	•/٤	•/٤
C _κ	•/٢	• / ٢
C_t	≅ ∙/٤	≅∙/٣











www.SID.ir



24

ساحل با آبشکن منفرد

در این بخش، از مدل ریاضی برای شبیه سازی جریانات ناشی از امواج در حضور یک آبشکن منفرد در آزمایشات **AGB یا NGB استفاده گردید.** همان مقادیر ذکر شده در جدول (۱) در این شبیه سازیها مورد استفاده قرار گرفت. برای شبیه سازیها مورد استفاده قرار گرفت. این اطلاع از اثر اندرکنش موج و جریان، محاسبات با و بدون در نظر گرفتن این اندرکنش انجام گردید. اشکال (۱٤) تا (۲۱) میادین سرعتهای محاسبه شده بدون اثر اندرکنش موج و جریان را در آزمایشات اندرکنش موج و جریان را در آزمایشات اندرکنش موج ای محاسبه شده بدون اثر





Y۵ NGB-8 5.00-4.00-

4.00
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
-3 ()()=++++++++++++++++++++++++++++++++++
0.00 , , , , , , , , , , , , , , , , , ,
2 00
9.00 8.00 7.00 6.00 5.00 4.00 3.00

0.2 m/s

شکل ۲۱: امواج نامنظم، α=20°، l_g/l_b=1.25 .

مؤلفه عمود بر ساحل سرعتهای اندازه گیری شده خود از دو جزء تشکیل شده است؛ جزء مربوط به جریان زیرکش^{۲۱} و جزء مربوط به جریان موازی ساحل که توسط آبشکن به سمت دریا منحرف گردیده است. لاکن مدل موجود قادر به محاسبه جریانات زیرکش نیست و فقط جزء مربوط به جریانات منحرف شده را محاسبه می نماید. این نکته دلیل اصلی اختلاف بین جهتها و سرعتهای اندازه گیری شده و محاسبه شده است. در یک روند عمومی، مؤلفه عمود بر ساحل سرعتهای محاسبه شده همیشه کمتر از مقادیر اندازه گیری شده هستند. مطالعه اثر آبشکنها بر الگوی



شكل ١٨. امواج منظم، ° a=20، المواج منظم، ° lg/lb=1

	NGB-1	0.2 m/s			
5.00-*****					
	• • • • • • • • • • • • • • • •				
4.00	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •				
4.00					
3 00-111111					
0.00					
	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·				
0.00					
Z.UU-1121111					
	0 7 00 0 00 F 00				

شکل ۱۹. امواج منظم، α=20°، $l_{g}/l_{b}=1.25$





تاثیر اندر کنش موج - جریان در محاسبات در این بخش آزمایشات قبل(NGB_8 تا NGB_1) با ملحوظ نمودن اثر اندرکنش موج - جریان در محاسبات، شبیه سازی گردیده اند. اشکال (۲۲) تا (۳۷) سرعتها و ارتفاع موج را در این شبیه سازیها نشان میدهند.



شکل ۲۲ : میدان برداری سرعتهای محاسبه شده، امواج منظم، °a=10، $l_{g}/l_{b}=1$

۲۷

مطالعه اثر آبشکنها بر الگوی

0.2 m/s



شکل ۲۲ : میدان برداری سرعتهای محاسبه شده، امواج نامنظم، α=10°، l_g/l_b=1 .

NGB-3

9.00 8.00 7.00 6.00 5.00 4.00 3.00



شکل ۲۷ : خطوط هم ارتفاع موج محاسبه شده، امواج نامنظم، °a=10، $l_{g}/l_{b}=1$



شکل ۳٤ : میدان برداری سرعتهای محاسبه شده، امواج نامنظم، α=20°، ا_g/l_b=1 .

شکل ۳۰ : میدان برداری سرعتهای محاسبه شده، امواج منظم، $\alpha=20^{\circ}$ ، $l_{g}/l_{b}=1$ NGB-5 1 5.00-4.00-3.00-2.00-9.00 8.00 7.00 6.00 5.00 4.00 3.00 شكل ۳۱ : خطوط هم ارتفاع موج محاسبه شده، امواج منظم، °a=20، $l_{g}/l_{b}=1$ NGB-6 0.2 m/s 5.00-4.00-3.00-2.00-11 9.00 8.00 7.00 6.00 5.00 4.00 3.00 شکل ۳۲ : میدان برداری سرعتهای $\alpha=20^{\circ}$ محاسبه شده، امواج منظم، $\alpha=20^{\circ}$ ، $l_{g}/l_{b}=1.25$









مطالعه اثر آبشکنها بر الگوی

Archive of SID

نشریه دانشکده فنی، جلد ۳۶، شماره ۱، خردادماه ۱۳۸۱

سوزنی شکل گرفته اند. مدل حاضر قادر به شبيه سازى اين جريانات سوزنى شكل نیست. الگوی جریانات در نزدیک آبشکن نیز به شكلى محسوس با ملحوظ داشتن اثر اندرکنش موج و جریان اصلاح شده است. با هدف بیان تاثیر این اندرکنش، نتایج حاصل از اندازه گیریها و محاسبات (با و بدون در نظر گرفتن اثر اندرکنش) در آزمایش NGB_5 در شکل (۳۸) مقایسه شده اند با نادیده گرفتن اثر اندرکنش، مقایسه بین اشکال (۳۸ – الف) و (۳۸ – ب) نشان میدهد که تشابهاتی بین دو شکل در ارتباط با موقعیت گردابه تشکیل شده در پایین دست آبشکن (ناحیه I) وجود دارد. هرچند که گردابه محاسبه شده در این حالت بزرگتر از گردابه اندازه گیری شده است. گردابه های محاسبه شده در نواحی III و در شکل IV (۳۸ – ب) در الگوی جریان اندازه گیری شده ديده نميشود. الگوی جریان محاسبه شده با در نظر گرفتن اثر اندركنش موج-جريان، به شكل محسوسی اصلاح گردیده است (شکل ۳۸ -ج). گردابه های غیر واقعی در نواحی III و



شکل ۳۸ : آزمایش NGB_5 با موج منظم، I_g/I_b ، $0 = 20^\circ$ (الف) میدان بردارهای سرعت اندازه گیری شده. (ب) میدان بردارهای سرعت محاسبه شده بدون درنظر گرفتن اندرکنش موج – جریان. (ج) میدان بردارهای سرعت محاسبه شده با درنظر گرفتن اثر اندرکنش موج – جریان.

نزدیکی بیشتری نسبت به آزمایشات با امواج منظم نشان میدهند. در آزمایشات با امواج منظم ارتفاع موج محاسبه شده بیشتر است. در این آزمایشات یک قله ثانویه در میدان ارتفاع موج اندازه گیری شده دیده میشود (اشکال ۱۱، ۱۲، ۱۵ و ۱۲ در مقاله [!Error محاسبات از آن اثری نیست. این قله ها، احتمالا به دلیل اندرکنش امواج با جریانات

اصلاح شده توافق بهتری با نتایج حاصل از اندازه گیریها دارد. در نتایج حاصل از اندازه گیری، شکل گیری مجدد جریان موازی ساحل در پایین دست آبشکن (ناحیه IV در شکل ۳۸ – الف)، در آزمایشات با امواج منظم (NGB_3,4,7,8) با قوت بیشتری نسبت به آزمایش با امواج نامنظم پیش بینیهای مدل با آزمایشات موج نامنظم انطباق بیشتری دارد.

خلاصه و نتیجه گیری

۱ – انطباق بین نتایج حاصل از اندازه گیری
 و محاسبات مدل با ملحوظ نمودن اثر ناحیه
 بیرونی منطقه کرانه ای بطور قابل ملاحظه ای
 بهبود یافت. یک روش جدید در خصوص
 چگونگی ملحوظ نمودن این اثر در این مقاله
 ارائه گردید.

۲ – طول ناحیه بیرونی در آزمایش با امواج منظم نسبت به امواج نامنطم بیشتر است. این نکته احتمالا به این دلیل است که در امواج نامظم بخش عمده تری از ناحیه کرانه ای تحت رژیم آشفته قرار دارد.

IV در شکل (۳۸ – ب) حذف شده اند. شکل گیری مجدد جریان موازی ساحل در پایین دست آبشکن (ناحیه IV) در منطقه نزدیکتر به آبشکن رخ داده است که در تطابق بیشتری با الگوی اندازه گیری شده (ناحیه IV در شکل ۳۸ – الف) است. تمامی این اصلاحات با ملحوظ نمودن اثر اندرکنش موج و جریان حاصل شده است. جریان برگشتی نسبتاً قوی که در الگوی جریانات اندازه گیری شده در ناحیه III در شکل (۳۸ – الف) دیده میشود در نتایج محاسبات دیده نمیشود. یک توجیه احتمالی این است که جریانات برگشتی عمدتاً به دلیل جریانات زیرکش ایجاد میشوند و از آنجاييكه اين جريانات توسط مدل حاضر محاسبه نمیشوند، الگوی مورد نظر نیز ایجاد نشده است. علاوه بر این اصلاحات جریان منحرف شده قوی که بدون تاثیر اندرکنش موج-جريان در آزمايشات NGB_6 و NGB_8 (با أبشكن طويل، در اشكال ۱۹و ۲۱) حاصل شده بود، با لحاظ نمودن اثر اندرکنش تا حد زیادی تضعیف شد (اشکال ۳۲ و۳٦). در نتایج محاسبات این آزمایشات یک گردابه در پایین دست آبشکن و نزدیک دماغه آن تشکیل گردید. هر دوی این نتایج

۳ – بطور کلی انطباق بهتری بین نتایج
حاصل از محاسبه و اندازه گیری در
آزمایشات روی ساحل مستقیم با امواج
نامنظم در مقایسه با امواج منظم مشاهده شد.
٤ – مقدار ضریب زوال انرژی موج، ۲، در
آزمایشات با امواج منظم بیشتر از آزمایشات
با امواج نامنظم بود. عرض بیشتر ناحیه کرانه
ای در حضور امواج نامنظم را میتوان دلیل
این امر قلمداد نمود.

٥ - در حضور آبشکن منفرد، تاثیر اندرکنش موج - جریان با مقایسه آزمایشات با و بدون در نظر گرفتن این تاثیر در محاسبات صورت گرفت. یافته های اصلی از این مقایسه این است که با نادیده گرفتن اثر این اندرکنش در محاسبات:

- گردابه های غیر واقعی که در دو طرف آبشکن ایجاد شد، در نتایج حاصل از اندازه گیریها مشاهده نگردید.
- جریانات ساحلی که توسط آبشکن و
 به صورت یک جریان سوزنی شکل منحرف
 شده بود در الگوی محاسبه شده از قدرت
 - مراجع

بیشتری نسبت به الگوی اندازه گیری شده برخوردار بود.

جریانات منحرف شده توسط آبشکن
 در الگوی محاسبه شده دارای مؤلفه موازی
 ساحل قوی تری نسبت به الگوی اندازه
 گیری شده است.

با در نظر گرفتن تاثیر اندرکنش موج-جریان در محاسبات، نتایج شبیه سازی در ارتباط با موارد فوق بهبود یافت.

۱ – تاثیر اندرکنش موج و جریان در نتایج محاسبات کاملا محسوس بود. در آزمایشات
 با امواج منظم دو قله در نمودارهای خطوط
 هم ارتفاع موج اندازه گیری شده دیده
 میشود. فقط یکی از این قله ها توسط مدل
 حاضر شبیه سازی شده است. در آزمایش
 امواج نامنظم یک قله در نتایج حاصل از
 اندازه گیریها مشاهده شد. این قله بلند تر و
 باریکتر از قله محاسبه شده بود.

۱ – بدیعی، پ. "مطالعه اثر آبشکنها بر الگوی امواج و جریانات دریایی در کرانه سواحل به کمک مدلسازی فیزیکی." نشریه دانشکده فنی، جلد ۳۴، شماره ۴، (۱۳۷۹).

- ۲ بدیعی، پ . "مدل ریاضی تاثیر جریانات محیطی بر امواج." مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی هیدرولیک ایران، (۱۳۷۶).
- 3 Birkemeier, W. A. and Darlymple, R. A. (1975). "Nearshore water circulation induced by wind and waves." *Proc Symp. Modeling Techniques ASCE*, Vol. 2 California, PP. 1062-1081.
- 4 Longuet-Higgins, M. S. (1970). "Longshore currents generated by obliquely incident sea waves." J. Geoph. Res., Vol. 75, PP. 6778-6801.
- 5 Wind, H. and Vreugdenhil, C. B. (1986). "Rip current generation near structures." *J.of Fluid Mech.*, 171: PP. 459-476.
- 6 Longuet-Higgins, M. S. and Stewart, R. W. (1964). "Radiation stresses in water waves: a physical discussion with applications." *Deep-Sea Res.*, Vol. 11, PP. 529-562.
- 7 Svendsen, I. A., Madsen, P. A. and Hansen, J. B. (1978). "Wave characteristics in the surf zone." *Proc. of the 16th Coastal Eng. Conf. ASCE*, PP. 520-539.
- 8 Svendsen, I. A. (1984). "Wave heights and setup in the surf zone." Coastal Eng., Vol. 8, PP. 303-329.
- 9 Roelvink, J. A. and Stive, M. J. F. (1989). "Bar-generating cross-shore flow mechanisms on a beach." J. of Geoph. Res., Vol. 94, No. C4, PP. 4785-4800.
- 10 Mocke, G. P. and Smit, F. (1994). "A relative intercomparison between variable wave shoaling, breaking and transition zone formulations." *Proc. of 24th Conf. on Coastal Eng. ASEC,* PP. 2365-2369.
- 11 Okayasu, A., Watanbe, A. and Isobe, M. (1990). "Modeling of the energy transfer and undertow in the surfzone." Proc. 22nd Int. Conf. on Coastal Eng., ASCE, PP. 123-135.
- 12 Okayasu, A., Hara, K. and Shibayma, T. (1994. "Laboratory experiments on 3-D nearshore current and a model with momentum flux by breaking waves." *Proc. of the 24th Int. Conf on Coastal Eng., ASCE,* PP. 2461-2475.
- 13 Southgate, H. N. (1989). "A nearshore profile model of wave and tidal current interaction." *Coastal Eng.* Vol. 13, PP. 219-245.
- 14 Dally, W. R., Dean, R. G. and Dalrymple, R. A. (1984). "A model for breaker decay on beaches." *Proc.* 19th Int.Conf. on Coastal Engineering, ASCE, Vol. 1, PP. 82 98.

واژه های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

- 1 Finite Difference Method
- 2 Near shore Region
- 3 Radiation Stresses
- 4 Turbulent (Reynolds) Stresses
- 5 Orbital Velocity
- 6 Eddy Viscosity
- 7 Surf Zone
- 8 Alternating Direction Implicit (ADI) Finite Difference Scheme
- 9- Staggered Grid
- 10 Wall boundary Condition

نشریه دانشکده فنی، جلد ۳۶، شماره ۱، خردادماه ۱۳۸۱

- 11 Subroutine
- 12 Flow Chart
- 13 Outer Region
- 14 Outer (Transition)
- 15 Rum Up (Swash Region)
- 16 Offshore Bar
- 17 Rip Current
- 18 Undertow