دانشکده فنّی

پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد

بررسی تغییرات بستر سواحل ماسه ای به روش هیدرودینامیک ذرات هموار (SPH)

از

شهاب پاک شکار اسطلخی

استادان راهنما

دکتر میراحمد لشته نشایی

دکتر نیما امانی فرد

دی ۱۳۹۰

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنـی
گروه مهندسی عمران
گرایش سازه های دریایی

بررسی تغییرات بستر سواحل ماسه ای به روش هیدرودینامیک ذرات هموار (SPH)

از
شهاب پاک شکار اسطلخی

استادان راهنما
دکتر میر احمد لشته نشایی
دکتر نیما امانی فرد

استاد مشاور
دکتر میر عبدالحمید مهرداد

دی ۱۳۹۰

تقدیم به

پدر، مادر و برادر عزیزم که در طول دوران زندگی و تحصیلم مشوق من بودند و همواره مرا یاری نمودند. سپاس جهت زحماتشان

همچنین مادربزرگ و پدربزرگ عزیزم که در طول دوران تحصیلم در دانشگاه گیلان حامی و پشتیبانم بودند.

سپاسگزاری

بدینوسیله مراتب سپاس و قدردانی فراوان خود را از استاد راهنمای بزرگوارم **آقای دکتر امانی فرد** که با وجود مشغله ریاست دانشکده، وقت و تجربه ی ارزشمند خود را صبورانه در اختیار بنده قرار دادند و با راهنمایی های مدبرانه، سختی های این راه را بر من هموار نمودند، اعلام می نمایم.

همچنین از استاد بزگوارم **آقای دکتر لشته نشایی** که در کمک و یاری به دانشجویان تمامی رشته ها زبانزد هستند و با مشغله زیاد خود، زحمت راهنمایی بنده را به عهده داشتند، تشکر می کنم.

از **آقای دکتر مهرداد** که زحمت مشاوره اینجانب را پذیرفتند و از **آقای دکتر چگینی** و **آقای دکتر ویس کرمی** که داوری این پایان نامه را بعهده گرفتند، کمال تشکر را دارم.

فهرست مطالب

چکیده فارسی ذ

چکیده انگلیسی ر

فصل اول – مقدمه ۱

۱-۱- پیشگفتار ۲

۱-۲- هدف از تحقیق ۳

۱-۳- پیشینه تحقیق ۳

۱-۳-۱. تغییر شکل بستر سواحل ۳

۱-۳-۲. SPH در سواحل ۶

۱-۴- ساختار پایان نامه ۷

فصل دوم مورفولوژی و تغییر شکل بستر سواحل ماسه ای ۸

۲-۱- مورفولوژی ۹

۲-۲- اشکال بستر تحت امواج ۱۰

۲-۳- انتقال رسوب ۱۰

۲-۴- ریپل ها ۱۴

۲-۴-۱. دسته بندی ریپل ها ۱۶

۲-۴-۱-۱. ریپل های دانه غلتشی و گردابی ۱۶

۲-۴-۱-۲. ریپل های اوربیتالی، اناوربیتالی و ساباوربیتالی ۱۷

۲-۴-۱-۳. ریپل های طول بلند و کوتاه ۱۸

۲-۴-۱-۴. ریپل های دو بعدی و سه بعدی ۱۹

۲-۴-۲- حدود وجود ریپل ها ۲۰

۲-۴-۳- روابط تجربی محاسبه هندسه ریپل ۲۲

فصل سوم اصول و روابط روش هیدرودینامیک ذرات هموار ۲۹

۳-۱- پیشگفتار ۳۰

۳-۲- روش های حل معادلات جزئی ۳۰

۳-۳- روش های بدون شبکه بندی ۳۱

۳-۴- هیدرودینامیک ذرات هموار SPH ۳۲

۳-۴-۱. اصول و مبنای معادلات در روش SPH ۳۴

۳-۴-۲. معادلات حاکم ۳۶

۳-۴-۳. الگوریتم SPH تراکم ناپذیر سه مرحله ای ۳۶

۳-۴-۴. SPH تراکم پذیر ۴۰

۳-۴-۵. جستجوی ذرات مجاور ۴۲
۳-۴-۶. تابع کرنل ۴۲
۳-۴-۷. شرایط مرزی ۴۳
۳-۴-۸. تحلیل همگرایی و انتخاب گام زمانی ۴۳

فصل چهارم صحت سنجی الگوریتم و کد کامپیوتری توسط مسأله شکست سد ۴۶
۴-۱- پیشگفتار ۴۷
۴-۲- تحقیقات پیشین ۴۷
۴-۳- شبیه سازی مسأله کلاسیک شکست سد ۴۹
۴-۳-۱. مشخصات مدلسازی ۵۰
۴-۳-۲. نتایج شبیه سازی شکست سد ۵۲
۴-۴- نتیجه گیری ۵۷

فصل پنجم شبیه سازی تغییر شکل بستر سواحل ماسه ای ۶۲
۵-۱- تئوری موج ساز ها ۶۳
۵-۲- مشخصات مدل و نتایج شبیه سازی عددی ۶۶
۵-۳- جمع بندی ۹۰

فصل ششم نتیجه گیری و ارائه پیشنهادها ۹۱
۶-۱- نتیجه گیری و ارائه پیشنهادها ۹۲
۶-۱-۱. نتایج ۹۲
۶-۱-۲. پیشنهادها برای ادامه کار ۹۲

مراجع ۹۴

فهرست شکل ها

شکل(۲-۱) نیروهای تأثیرگذار بر یک ذره ی ساکن در بستر ۱۱
شکل (۲-۲) مفهوم سرعت های ماکزیمم رو به ساحل و مینیمم به سمت دریا ۱۳
شکل (۲-۳) سلسله مراتب اشکال بستر در ناحیه ساحلی (Clifton, 1976) ۱۵
شکل (۲-۴) انواع تغییر شکل بستر در ناحیه ساحلی در هوای نسبتاً خوب (Shipp, 1984) ۱۵
شکل (۲-۵) ریپل های دانه- غلتشی و ایجاد گردابه در سمت پشت به جریان ۱۶
شکل (۲-۶) حرکت گردابه بر روی بستر پوشیده شده از ریپل ۱۷
شکل(۲-۷) مقادیر مشاهده شده ی ضریب اصطکاک موج و روابط ارائه شده ۲۳
شکل (۳-۱) دیدگاههای متفاوت لاگرانژی و اویلری در حل معادلات دیفرانسیل جزئی ۳۲
شکل (۲-۲) شبیه سازی شکست موج شیرجه ای با استفاده از روش ISPH اصلاح شده ۳۳
شکل (۳-۳) تابع کرنل نزولی و دارای تکیه گاه فشرده ۴۳
شکل (۳-۴) روندنمای کلی حل معادلات سیال به روش SPH تراکم ناپذیر سه مرحله ای ۴۵
شکل (۴-۱) a) مقطع A b) پلان فلوم در واحد طول سانتی متر ۴۹
شکل (۴-۲) مکانیزم مدل آزمایشگاهی شکست سد در واحد طول سانتی متر ۴۹
شکل (۴-۳) ابعاد و مشخصات مدل ۵۰
شکل (۴-۴) پروفیل های سطح، ناشی از شکست سد a) نتایج آزمایشگاهی b) نتایج c ISPH) نتایج WCSPH ۵۳
شکل (۴-۵) مقایسه نتایج عددی و آزمایشگاهی پروفیل سطح آزاد در طول حالتهای اولیه شکست سد در زمانهای مختلف با کف خشک و $\alpha=0$ ۵۴
شکل (۴-۶) نتایج عددی و آزمایشگاهی پروفیل سطح آزاد در طول حالتهای اولیه شکست سد در زمانهای مختلف با کف تر و $\alpha=0.1$ ۵۵
شکل (۴-۷) نتایج عددی و آزمایشگاهی پروفیل سطح آزاد در طول حالتهای اولیه شکست سد در زمانهای مختلف با کف تر و $\alpha=0.4$ ۵۶
شکل (۴-۸) پروفیل های سطح، ناشی از شکست سد a) نتایج آزمایشگاهی b) نتایج c RANS) نتایج ISPH ۵۸
شکل (۴-۹) مقایسه نتایج عددی و آزمایشگاهی پروفیل سطح آزاد در طول حالتهای اولیه شکست سد در زمانهای مختلف با کف خشک و $\alpha=0$ ۵۹
شکل (۴-۱۰) نتایج عددی و آزمایشگاهی پروفیل سطح آزاد در طول حالتهای اولیه شکست سد در زمانهای مختلف با کف تر و $\alpha=0.1$ ۶۰
شکل (۴-۱۱) نتایج عددی و آزمایشگاهی پروفیل سطح آزاد در طول حالتهای اولیه شکست سد در زمانهای مختلف با کف تر و $\alpha=0.4$ ۶۱
شکل (۵-۱) تئوری موج ساز پیستونی Galvin (1964) ۶۳
شکل (۵-۲) نمودار نسبت ارتفاع موج به استروک در برابر عمق نسبی برای موج ساز های پیستونی و باله ای ۶۴
شکل (۵-۳) طبقه بندی امواج بر حسب انرژی و پریود موج ۶۶
شکل (۵-۴) شاخص شکست موج بر حسب شیب های مختلف ۶۹
شکل (۵-۵) ابعاد و مشخصات ساحل ۶۹
شکل (۵-۶) انواع شکست موج بر بستر ۷۱
شکل (۵-۷) تغییرات بستر ۱ ساحل ماسه ای در زمانهای مختلف ۷۸

شکل (۵-۸) مقایسه اشکال مختلف ساحل ایجاد شده به ازای تنش تسلیم متفاوت برای ماسه بدست آمده از مدل ارائه شده ۷۹
شکل (۵-۹) نیمرخ بستر ۱ و ابعاد ریپل های ایجادی توسط موج بدست آمده از مدل ارائه شده ۸۰
شکل (۵-۱۰) سرعت ذرات آب در یک موج پیشرونده ۸۱
شکل (۵-۱۱) سرعت اوربیتالی موج بر روی بستر و زیر تاج موج بدست آمده از مدل ارائه شده ۸۱
شکل (۵-۱۲) سرعت افقی ذره آب در عمق ۰/۳ متری و در مدت یک دوره تناوب موج ۸۲
شکل (۵-۱۳) سرعت افقی ذره آب در عمق ۰/۲ متری و در مدت یک دوره تناوب موج ۸۲
شکل (۵-۱۴) مدار حرکت ذره آب در بستر و در عمق ۰/۳ متری، در مدت زمان یک پریود موج ۸۴
شکل (۵-۱۵) مدار حرکت ذره آب در بستر و در عمق ۰/۲ متری، در مدت زمان یک پریود موج ۸۴
شکل (۵-۱۶) روند نمای نحوه محاسبه ی ابعاد ریپل توسط رابطه ی Camenen ۸۵
شکل (۵-۱۷) تغییرات شیب ریپل ایجاد شده توسط موج تابعی از نصف دامنه اوربیتالی ذرات آب نرمال شده توسط قطر متوسط دانه ها به ازای پارامتر پریود موج متفاوت. (خط: رابطه (۲-۲۳) و ●: نتیجه مدل است) ۸۶
شکل (۵-۱۸) تغییرات طول ریپل ایجاد شده توسط موج نرمال شده توسط نصف دامنه اوربیتالی ذرات آب تابعی از پارامتر شیلدز وابسته به دانه ها به ازای پارامتر پریود موج متفاوت. (●: نتیجه مدل است) ۸۶
شکل (۵-۱۹) ارتفاع (a) و طول (b) بی بعد ریپل به ازای پارامتر تحرک (قابلیت حرکت)، مربع ها نتایج Hanes و دایره ها نتایج آزمایشگاهی و میدانی پیشین هستند. (خط: رابطه تجربی ارائه شده توسط نیلسن و ▲ نتیجه مدل است) ۸۷
شکل (۵-۲۰) تغییرات شیب و طول ریپل های طول بلند نرمال شده توسط نصف دامنه اوربیتالی ذرات آب تابعی از پارامتر شیلدز وابسته به دانه ها (▲: نتیجه مدل است.) ۸۹
شکل (۵-۲۱) تقسیم بندی رژیم جریان با استفاده از عدد رینولدز و زبری نسبی (▲: نتیجه مدل است) ۹۰

فهرست جداول

جدول (۳-۱) دسته بندی روش های بدون شبکه ۳۱
جدول (۴-۱) مشخصات و پارامتر های محاسباتی در مسأله شکست با پایین دست خشک ۵۱
جدول (۴-۲) مشخصات و پارامتر های محاسباتی در مسأله شکست با پایین دست تر با عمق ۲/۵ سانتی متر ۵۱
جدول (۴-۳) مشخصات و پارامتر های محاسباتی در مسأله شکست با پایین دست تر با عمق ۱۰ سانتی متر ۵۲
جدول (۵-۱) طبقه بندی انواع تغییر شکل بستر بر حسب پریود موج ۶۷
جدول (۵-۲) مشخصات رئولوژیکی و فیزیکی بستر های مدل سازی شده ۷۵
جدول (۵-۳) طبقه بندی اندازه ذرات رسوب در بستر ۷۶
جدول (۵-۴) پارامترهای محاسباتی مورد استفاده در شبیه سازی ۷۷
جدول (۵-۵) مشخصات فیزیکی آب ۷۷
جدول (۵-۶) نتایج ابعاد ریپل از شبیه سازی ارائه شده و روابط تجربی ۸۸

فهرست علائم اختصاری

نصف دامنه اوربیتالی موج	A_w
عمق شکست موج	d_b
اندازه میانگین دانه ها	d_{50}
اندازه بدون بعد دانه ها	d_*
ضریب اصطکاک موج	f_w
شتاب گرانشی	g
طول هموارسازی	h
ارتفاع موج در آب عمیق	H_0
ارتفاع شکست موج	H_b
ارتفاع ریپل	H_r
عدد موج	k
ارتفاع ریپل اناوربیتالی	$H_{r,ano}$
زبری بستر	k_s
طول موج	L
طول موج در آب عمیق	L_0
طول ریپل	L_r
شیب ساحل	m
فشار ذرات	P
بردار موقعیت	r
پارامتر عدم تقارن موج	r_w
عدد رینولدز اوربیتالی	R_w
استروک (جابه جائی کل موج ساز)	S
چگالی نسبی	s
پارامتر اندازه بدون بعد رسوب	S_*
زمان	t
پریود	T
پریود موج	T_w
سرعت اوربیتالی موج	U_w
ماکزیمم سرعت اوربیتالی موج برای شروع رژیم جریان ورقه ای	$U_{w,cr,sf}$
مینیمم سرعت به سمت دریا	$u_{w,\min}$
ماکزیمم سرعت رو به ساحل	$u_{w,\max}$
سرعت ذرات	V
اولین سرعت موقتی ذره	V^*
دومین سرعت موقتی ذره	V^{**}

سرعت ذره بدون استفاده از ضریب XSPH	$\hat{V}$
سرعت ذره با استفاده از ضریب XSPH	$V_{t+\Delta t}$
کرنل درونیابی	W
مختصات افقی	x
مختصات عمودی	y
ضریب ثابت	α_{cr}
نرخ تغییر شکل برش	$\dot{\gamma}$
ضخامت لایه مرزی استوکس	δ_w
ضریب ثابت کوچک	η
پارامتر شیلدز جداکننده	θ_B
پارامتر شیلدز بحرانی آستانه حرکت	θ_{cr}
پارامتر شیلدز بحرانی آستانه جریان ورقه ای	$\theta_{cr,sf}$
پارامتر شیلدز موج	θ_w
پارامتر شیلدز وابسته به دانه ها	θ_{wg}
ویسکوزیته دینامیکی	μ
ویسکوزیته بینگهام	μ_B
ویسکوزیته در تنشهای برشی خیلی کم	μ_0
ویسکوزیته در تنشهای برشی خیلی زیاد	μ_∞
ویسکوزیته مؤثر سیال غیر نیوتنی	μ_{eff}
ویسکوزیته سینماتیکی	ν
چگالی	ρ
چگالی موقتی	ρ^*
چگالی اولیه	ρ_0
تنسور تنش برشی	$\overset{\Rightarrow}{\tau}$
تنش تسلیم بینگهام	τ_B
پارامتر پریود موج	χ
پارامتر تحرک (قابلیت حرکت)	ψ_w
فرکانس زاویه ای	ω
عدد ایری بارن	ξ

چکیده

بررسی تغییرات بستر سواحل ماسه ای به روش هیدرودینامیک ذرات هموار (SPH)

شهاب پاک شکار اسطلخی

بررسی و شناخت تغییرات بستر سواحل، مخصوصا سواحل ماسه ای، مجاور سازه های حفاظتی و بندری، از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در این میان، ریپل ها (دندانه ها) مهم ترین نوع تغییر شکل بستر هستند. با توجه به تاثیر مهم دندانه ها در انتقال رسوب، شناخت تغییرات بستر، برای طراحی سازه های ساحلی ضروری است. بر این اساس، در مطالعه حاضر با به کار گیری روش هیدرودینامیک ذرات هموار تراکم ناپذیر جهت شبیه سازی بستر سواحل ماسه ای، تغییرات بستر این نوع سواحل ارزیابی شده است. بدین منظور معادلات ناویر – استوکس توسط یک روش سه مرحله ای و با استفاده از معادله پواسون برای اعمال شرط تراکم ناپذیری در قالب لاگرانژی حل می شوند؛ که از مزایای این روش، افزایش پایداری و دقت، مدل کردن تغییر شکلهای زیاد و اعمال نکردن شرط اضافه ای در مرزها یعنی مرز بین آب و ماسه و همچنین در سطح آزاد آب است. صحت سنجی روش ارائه شده با شبیه سازی مسأله ی شکست سد و مقایسه ی نتایج به دست آمده از مدل با نتایج آزمایشگاهی و همچنین نتایج روشهای هیدرودینامیک ذرات هموار استاندار و معادلات ناویر استوکس رینولدز متوسط مقایسه و تصدیق شد. در تحقیق حاضر، با مدل سازی ساحل توسط روش نوین هیدرودینامیک ذرات هموار و در نظر گرفتن مدل سیال بینگهام برای ماسه، تغییر شکل بستر مورد مطالعه قرار گرفت و تغییر شکل ایجاد شده با روابط موجود مقایسه شد. روش به کار گرفته شده نتیجه قابل قبولی را در پیش بینی ابعاد ناهمواری ها در بستر نشان داد.

کلید واژه : ریپل، هیدرودینامیک ذرات هموار، تغییر شکل بستر، ساحل ماسه ای، انتقال رسوب

Abstract

Investigation of Sandy Beach Morphology Using SPH Method

Shahab Pakshekar Estalkhi

The current work presents an incompressible smoothed particle hydrodynamics (SPH) model to simulate sandy beach evolution. The Navier-Stokes equations are solved in a Lagrangian framework using a three-step fractional method. The present method is validated by solving a dam break problem and comparing computational results with the experimental one as well as numerical data which are evaluated from standard SPH method and RANS method. The formation of bed ripples for sandy beaches is investigated in details and the results obtained from the proposed numerical model are compared with those suggested by different researchers. The results are promising and encouraging for further development of the preliminary model. The main advantage of the proposed algorithm is simulation of large deformation and the simplicity of applying the boundary conditions, i.e., no additional treatment is needed for the sand-water interface.

Keyword: Ripples, Sandy beach, Morphology, SPH, Sediment transport

فصل اول

مقدمه

۱-۱- پیشگفتار

بطور کلی تغییر شکل بستر سواحل را می توان به دو صورت تجربی و ریاضی مورد بررسی قرار داد، که هر کدام نقاط ضعف و قوت مخصوص به خود را دارا می باشند. در چهار دهه اخیر، محققین زیادی برای بدست آوردن تفسیر و برداشت دقیقی از فرآیندهای ناحیه ساحلی، آزمایشها و مطالعات میدانی متعددی روی اشکال بستر تولید شده توسط برهم کنش جریانهای تناوبی و بسترهای تغییر شکل پذیر انجام داده اند. همچنین وسایل آزمایشگاهی متفاوتی مانند فلوم موج، تونل آب تناوبی برای ایجاد حرکت نوسانی آب به کار گرفته شده است [1].

در نتیجه ی این آزمایشات و تحقیقات، روابط تجربی مختلفی نیز برای پیش بینی اشکال متفاوت تغییر شکل بستر ایجاد شده توسط امواج، ارائه شده است. علی رغم اینکه نتایج تجربی و آزمایشگاهی می تواند معیار مناسبی برای بررسی تغییر شکل بستر سواحل باشد، با توجه به اینکه فراهم نمودن شرایط آزمایشگاهی، پر هزینه، دشوار و زمان بر می باشد، امکان دسترسی به چنین شرایطی برای تمام محققین میسر نمی باشد.

سواحل ماسه ای بطور مداوم در معرض هجوم امواج طوفانی دریا قرار دارند. امواج با ارتفاع محدود، معمولاً به دلیل حرکت اوربیتالی خود، نوساناتی را بصورت دندانه (ریپل[1]) یا بستر موجی شکل در سواحل ماسه ای ایجاد می نمایند. در میان انواع اشکال بستر، تغییرات دندانه ای شکل بستر سواحل ماسه ای (ریپل) از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا این ناهمواری ها محتمل ترین تغییر شکلهای بستر سواحل ماسه ای هستند [2,3] و تاثیر قابل ملاحظه ای بر ارتفاع زبری و تنش برشی بستر دارند و همچنین باعث ایجاد تاخیر فاز در معلق شدن ذرات رسوب در بستر می شوند. با توجه به وجود ریپل ها می توان رژیم جریان در ناحیه ساحلی و انتقال رسوب را تخمین زد [4].

البته در مورد ویژگیهای ریپل ها و ابعاد و اقسام آنها نیز مطالعات و آزمایشات متعددی صورت گرفته است که حاصل این مطالعات، روابط تجربی است که برای تعیین ابعاد و ویژگی ریپل ها ارائه شده اند. اما این روابط، در شرایط حضور ریپل بدست آمده و به همین دلیل نمی توانند عدم وجود ریپل را به درستی پیش بینی کنند. همچنین باتوجه به اینکه روابط، بر اساس نتایج آزمایشات و مطالعات میدانی ارائه شده اند، روابط مختلف جوابهای متفاوتی می دهند و به طرز محسوسی در محاسبه ابعاد و ویژگیهای ریپلها خطا دارند [4]. از این رو، نیاز به ارائه یک مدل عددی برای شبیه سازی و تعیین ابعاد ریپل ها احساس می شود.

[1] Ripple

در این میان روشهای عددی مانند روش اجزا محدود، روش تفاضل محدود و روش حجم محدود که بصورت گسترده ای در زمینه های مختلف دینامیک محاسباتی سیالات و مکانیک محاسباتی جامدات بکار می رود، نیازمند شبکه بندی فضای محاسباتی هستند که در مسائلی که هندسه ساده دارند مشکل چندانی ایجاد نمی کند. ولی در مسائلی که هندسه پیچیده دارند به دلیل تغییر شکل زیاد در مرزها در هر گام زمانی نیاز به ایجاد شبکه بندی جدیدی دارند که زمان بر است. از اینرو استفاده از روشهای لاگرانژی بدون شبکه بندی که زمان محاسبات را کاهش داده و همچنین استفاده از آنها به سادگی میسر است، جای خود را تاحدودی باز کرده اند؛ در این میان روش هیدرودینامیک ذرات هموار[1] (SPH)، به عنوان یکی از روشهای جدید، بر پایه ی میانیابی انتگرالی از پرکاربردترین روشها می باشد.

۱-۲- هدف از تحقیق

بررسی تغییر شکل سواحل ماسه ای از اهمیت بالایی برخوردار است. با توجه به فواید استفاده از روش های لاگرانژی بدون شبکه بندی، در این تحقیق از روش هیدرودینامیک ذرات هموار استفاده شده است. هدف از تحقیق حاضر، استفاده از روش هیدرودینامیک ذرات هموار تراکم ناپذیر برای بررسی تغییر شکل نیمرخ ساحل ماسه ای و تخمین ابعاد دندانه ها (ریپل ها) می باشد. در این تحقیق از الگوریتمی تراکم ناپذیر که باعث افزایش پایداری و دقت روش هیدرودینامیک ذرات هموار می شود استفاده شده است. برای مدلسازی رفتار ماسه مدل رئولوژیکی سیال بینگهام با توجه به مطالعات گذشته به کار گرفته شده است [۵]. با توجه به تاثیر مهم دندانه ها در انتقال رسوب، از نتایج مطالعات حاضر می توان در تخمین انتقال رسوب در ساحل و همچنین به صورت کلی در بررسی تغییرات بستر سواحل در مجاورت سازه های حفاظتی و بندری و همچنین طراحی سازه های ساحلی استفاده نمود.

۱-۳- پیشینه تحقیق

۱-۳-۱- تغییر شکل بستر سواحل

در چهار دهه ی اخیر، آزمایش ها و تحقیقات گسترده ای توسط محققین در زمینه تغییر شکل بستر سواحل و انتقال رسوب در سواحل، صورت گرفته است، که می توان از میان آنها به موارد زیر اشاره کرد:

- لشته نشایی و همکارانش در سال ۲۰۰۹ توسط یک مدل شبه تجربی، انتقال رسوب را در سواحل ماسه ای در مجاورت دیوار ساحلی و همچنین بدون حضور دیوار، بررسی کرد و تغییر نیمرخ ساحلی را با استفاده از چگالی توزیع احتمال سرعت افقی، اندازه گیری و پیش بینی نمود [6].

[1] Smoothed Particle Hydrodynamics

- Yüksel و همکارانش در سال ۱۹۹۸ توزیع تنش برشی بستر را برای شناخت بهتر مکانیزم حرکات عمود بر ساحل بار بستر و حرکات محلی بستر در نزدیکی سازه های دریایی ارائه کرد و نشان داد بیشینه توزیع تنش برشی روی ساحل های دارای پشته[۱] بیشتر از ساحل های با شیب معمولی بوده که علت آن شکست های بیشتر موج روی شیب بیشتر در قسمت قله ی پشته است [7].
- Birkemeier در سال ۱۹۸۴، مقیاس زمانی تغییرات نیمرخ ناحیه نزدیک به ساحل[۲] را مورد بررسی قرار داد و بیان نمود با وجود اهمیت توفانها در تغییر شکل بستر، انتقال رسوب فصلی نیز از ناحیه ساحلی به ناحیه فراساحلی در این تغییر شکل اثر گذار است [8].

همچنین همانطور که ذکر شد، ریپل ها به عنوان مهمترین و محتمل ترین تغییر شکل بستر، بسیار مورد مطالعه قرار گرفته اند که از میان آنها می توان به منابع زیر اشاره کرد:

- Bagnold در سال ۱۹۴۶ حرکت موج در آب کم عمق و برهمکنش امواج و بستر ماسه ای را مورد مطالعه قرار داد و به معرفی ریپل های دانه – غلتشی[۳] و ریپل های گردابی[۴] پرداخت [9]. Wiberg و Harris نیز در سال ۱۹۹۴ با توجه به نتایج آزمایشات میدانی و آزمایشگاهی گذشته، دسته بندی متفاوتی از ریپل ها ارائه دادند و ریپل ها را به سه دسته اُوربیتالی[۵]، ساباُوربیتالی[۶] و انااُوربیتالی[۷] تقسیم بندی کردند [10].

- Li و Amos در سال ۱۹۹۹ جریان ورقه ای و ریپل های طول بلند را تحت امواج و جریان، توسط مشاهدات و پیش بینی توسط مدل مورد بررسی قرار دادند [11].

- Hanes و همکارانش در سال ۲۰۰۱ ریپل های ماسه ای تشکیل شده توسط امواج در سواحل کارولینای شمالی را مورد بررسی قرار دادند. دو گروه ریپل ناشی از موج مورد بررسی قرار گرفت. ریپل های طول کوتاه ایجادی توسط موج[۸] (SWR) با ارتفاعی بین ۳ میلیمتر تا ۲ سانتیمتر و طولی بین ۴ تا ۲۵ سانتیمتر و هم چنین ریپل های طول بلند ایجادی توسط موج[۹] (LWR) با ارتفاعی بین ۳ میلیمتر تا ۶ سانتیمتر و طولی بین ۳۵ تا ۲۰۰ سانتیمتر. ریپل های طول کوتاه تنها گاهی اوقات وجود داشت و بسیار دینامیک بودند، گاهی در طول گروه موج هموار می شدند و بعد از چند پریود موج لحظه ای دوباره تشکیل می شدند. در مقابل، ریپل های طول بلند تقریبا همیشه وجود

[1] Bar
[2] Nearshore
[3] Rolling-grain ripples
[4] Vortex ripples
[5] Orbital ripples
[6] Suborbital ripples
[7] Anorbital ripples
[8] Small Wave Ripples or Small Wave-generated Ripples
[9] Large Wave Ripples or Large Wave-generated Ripples

داشتند. آنها طولانی تر و کم ارتفاع تر از آنچه توسط مدل ها پیش بینی شده یا بطور کلی مشاهده شده است، بودند. هر دو (SWR و LWR) ، اغلب به سمت ساحل حرکت می کردند ولی کمتر دیده می شد که به سمت دریا حرکت کنند [2].

- O'Donoghue و Clubb در سال ۲۰۰۱ ریپل های ماسه ای تشکیل شده توسط جریان های تناوبی معمولی را بررسی نمودند. آنها ابعاد ریپل های متقارن را در جریان های سینوسی (متقارن) را با ریپل های نامتقارن در جریانهای نامتقارن "معادل" شبیه دانستند [12].

- Doucette در سال ۲۰۰۲، هندسه و دانه بندی ریپل ها در سواحل ماسه ای با موج با انرژی کم و همچنین توزیع اندازه دانه رسوب را در ریپلهای منفرد را توسط مشاهدات میدانی و پیش بینی به کمک مدل بررسی کرد. عملکرد چندین مدل پیش بینی ابعاد ریپل را مورد آزمایش قرار داد [13].

- Kim در سال ۲۰۰۴، زبری موثر بستر دندانه ای تحت رژیم موج را مورد بررسی قرار داده است. نتایج وی نشان داد که اصطکاک بستر محاسبه شده برای شکل با قله ی تیز دندانه ها تقریبا دو برابر بزرگتر از شکل سینوسی است. نتایج مدل همچنین نشان دادند که زبری موثر در طول ریپل تا حد مشخصی متناسب با شیب ریپل است و از آن حد به بعد تقریبا ثابت باقی می ماند[14].

- Yan و همکارانش در سال ۲۰۰۸ پیش بینی هندسه ی ریپل های ماسه ای تحت امواج را با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی مورد مطالعه قرار دادند. ارزیابی نتایج این شبکه عصبی با اندازه گیری های مختلف، نشان داد که این روش جدید می تواند طول و ارتفاع ریپل را خیلی دقیق تر از معادلات تجربی، پیش بینی کند [15].

- و در نهایت یکی از بهترین مطالعات انجام شده، تحقیقاتی است که Camenen در سال ۲۰۰۹ انجام داده است. وی با استفاده از داده ها و نتایج آزمایشات میدانی و آزمایشگاهی گذشته، معادلاتی را برای بدست آوردن مشخصات هندسی ریپل های طول بلند و کوتاه ارائه کرد، همچنین روابط تجربی موجود را نیز از نظر دقت در پیش بینی هندسه ریپل ها با یکدیگر وهمچنین با رابطه ی خود مقایسه نمود [4].

سایر فعالیت های موردی در زمینه ی شکل گیری ریپل ها و ابعاد آنها بصورت زیر است:

- Ardhuin و همکارانش در سال ۲۰۰۲ مشاهدات ریپل های گردابی ایجادی توسط موج در کارولینای شمالی مورد مشاهده و بررسی قرار دادند؛ نتایج مشاهدات نشان داد که قله ی ریپل ها بر میانگین حرکات ایجادی توسط موج در نزدیکی بستر عمود می باشند [16].

- Kleinhans و همکارانش در سال ۲۰۰۴ شکل گیری ریپل های بزرگ، ریپل های طول بلند و تپه های با لایه بندی مایل در دریای شمال را بررسی نمودند [17].

- Williams و همکارانش در سال ۲۰۰۵ ریپل های بلند و کوتاه تشکیل شده توسط موج را بررسی و دسته بندی نمودند و نتایج آنها نشان داد که دو نوع ریپل فوق به یکدیگر مربوط و وابسته هستند [18].

- Soulsby و Whitehouse در سال ۲۰۰۵ پیش بینی مشخصات ریپل ها در نواحی کم عمق دریاها را بررسی نمودند و روابطی برای محاسبه ی ابعاد ریپل ها ارائه نمودند [19].

۱-۳-۲- SPH در سواحل

از روش هیدرودینامیک ذرات هموار در گستره ی وسیعی از موضوعات مورد استفاده قرار گرفته است. در زمینه ی سواحل نیز از کاربردهای این روش می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- Rogers و همکارانش در سال ۲۰۱۰ از روش SPH برای مدلسازی دو بعدی موج شکن صندوقه ای تحت نیروی تناوبی موج استفاده و نتایج حاصل را با نتایج آزمایشگاهی مقایسه نمودند. نتایج بدست آمده پیش بینی قابل قبولی از نیروها و تغییر مکان افقی موج شکن ارائه دادند [20].
- Khayyer و همکارانش در سال ۲۰۰۹ به بررسی پدیده ی ضربه امواج و فشار ناشی از آن بر سازه های حفاظتی مانند دیوار ساحلی پرداختند و نتایج خوب بدست آمده را با نتایج آزمایشگاهی و همچنین سایر روشهای عددی مقایسه نمودند [21].
- Rogers و همکارانش در سال ۲۰۰۸ اجسام شناور (یا شناورهایی که از مهار خارج شده اند) را در ناحیه ساحلی به دلیل اهمیت آنها در آسیب رساندن به انسانها و یا موقعیت یابی آنها در صورت بروز سونامی ها به صورت کیفی مورد بررسی قرار دادند [22].
- Khayyer و همکارانش در سال ۲۰۰۸ با استفاده از ارائه ی SPH تراکم ناپذیر اصلاح شده ی خود، شبیه سازی دقیقی از شکست موج در ساحل و پیش بینی تراز سطح آب در هنگام عبور موج ارائه نمودند [23].
- Zou در سال ۲۰۰۷ در تز دکترای خود شبیه سازی انتقال رسوب در سواحل را با استفاده از حل معادلات انتقال رسوب مورد بررسی قرار داد. از معایب روش وی می توان به شرایط مرزی پیچیده، زمان بر بودن و امکان واگرایی حل با توجه به استفاده از هیدرودینامیک ذرات هموار تراکم پذیر اشاره نمود[24].