



مرکز پژوهش‌های مطالعات دریایی

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



ICOPMAS

سید احمد لشته نشایی
گروه عمران دانشکده فنی دانشگاه گیلان
maln@guilan.ac.ir

محمد علی لطف الهی یقین
دانشگاه تبریز، دانشکده فنی عمران
A_lotfolahi@yahoo.com

مرتضی بیگ لریان
دانشگاه تبریز، دانشکده فنی عمران
Morteza.Biklaryan@gmail.com

چکیده

با در نظر گرفتن تأثیر سازه‌های منعکس کننده در انتقال رسوب ساحلی و ریخت شناسی ساحلی، آزمایشاتی درباره مقیاس مدل در یک دیوار ساحلی واقع در منطقه ساحلی بصورت آزمایشگاهی صورت پذیرفته است. اهداف اصلی این آزمایشات، اندازه‌گیری تغییر شکل مقطع ساحلی در یک ساحل معمولی با دو اندازه متفاوت ماسه و مقایسه این نتایج با نتایج پیشروی یک دیوار ساحلی منعکس کننده بود. نتایج بدست آمده از اندازه‌گیری‌های تغییر شکل مقطعی در مقابل دیوارهای ساحلی منعکس کننده حاکی از این است که میزانی که یک دیوار ساحلی بر فرآیند پیشروی سواحل تأثیر میگذارد، تا حد زیادی بستگی به مکان آن و سطح ساحل دارد. یک دیوار ساحلی واقع شده در طرف خشکی سطح ساحلی فعال، بیشتر شبیه به ساحل طبیعی خواهد بود در حالیکه دیوارهای ساحلی واقع شده در سطح ساحلی فعال، مقطع ساحلی نزدیک به کرانه را تغییر می‌دهند که این بدلیل تأثیرات امواج انعکاسی می‌باشد.

یک مدل جریان صفحه‌ای ساده، که براساس توابع توزیع احتمالی اندازه گیری شده سرعت‌های افقی نزدیک بستر می‌باشد، برای پیش‌بینی پاسخ‌های کوتاه‌مدت یک ساختار منعکس کننده جزئی در هجوم تصادفی موج، ارائه شده است. مهم‌ترین نوآوری مفهومی مدل، در نظر گرفتن توابع توزیع احتمالی سرعت‌ها و انتگرال‌گیری از آنها برای محاسبه جابه‌جایی رسوب در طول مقطع با استفاده از یک معیار آستانه‌ای برای آغاز حرکت رسوب می‌باشد. نتایج بدست آمده از مدل و نیز مقایسه با نتایج آزمایشاتی امیدبخش و برای پیشرفت‌های بعدی مدل‌های مقدماتی دلگرم کننده می‌باشند.

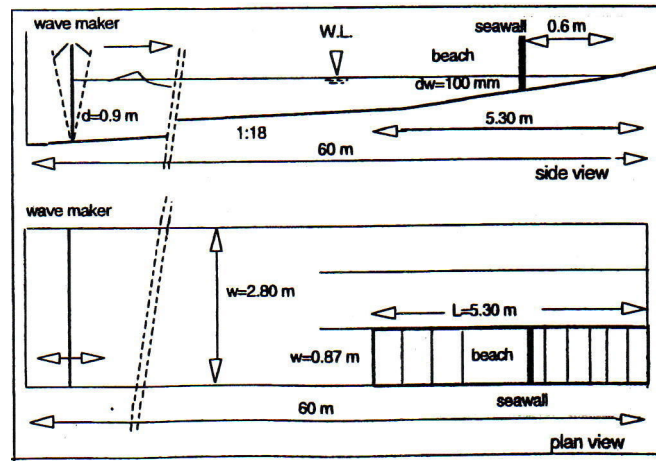
۱- مقدمه

تعدادی از محققان نشان داده‌اند که تغییرات بستر ساحل نزدیک دیوارهای ساحلی تا حدی شبیه به سواحل بدون دیوارهای ساحلی، در صورت وجود ذخیره رسوبی، می‌باشد (Kraus 1988). برای ارزیابی عملکرد نسبی دیواره دریایی و شیوه‌های محافظتی متناوب ساحلی باید فرآیندهای فیزیکی برهم کنش ساحلی و دیواره دریایی شناخته شوند. آشکار است که تحقیق درباره این فرآیندها نیازمند اطلاعات اندازه‌گیری شده برای یک مقطع ساحلی اختیاری می‌باشد که می‌تواند از طریق آزمایشات مقیاسی آزمایشگاهی هم در دو بعد و هم در سه بعد بکار رود. کار تئوری کافی درباره هیدرودینامیک ناحیه ساحلی و انتقال رسوب مربوطه در مجاورت ساختارهای انعکاسی وجود ندارد (Raka 1997 & Kamphuis). در تحقیق حاضر که براساس نتایج بدست آمده از آزمایشات می‌باشد یک مدل نیمه عملی برای تخمین پاسخ‌های کوتاه مدت یک ساحل به ساختار انعکاسی جزئی بکار گرفته شده است. براساس نوشته‌های موجود و با توجه به فرآیندهای طولانی مدت، انتظار می‌رود که سواحل بدون ملاحظه وجود ساختار انعکاسی عمل کننده (Kamphuis 1992) به صورت مشابه عمل کنند. اگرچه بررسی‌های موجود رفتار متفاوت قابل توجهی از ساحل در حضور یک ساختار انعکاسی جزئی را در زمانهای طوفانی کوتاه مدت نشان می‌دهد در اینجا باید تأکید کنیم که کار حاضر به هیدرودینامیک ناحیه ساحلی انتقال رسوب و تغییر شکل مقطع می‌پردازد. بنابراین تعجب آور نیست که یک رفتار متفاوت ساحلی را در مقابل ساختار مشاهده کنیم. به طور ویژه، بکاربردن یک مدل جریان صفحه‌ای برای محاسبه انتقال رسوب در منطقه خیزاب در مطالعه حاضر در نظر گرفته شده است. بنابراین توجه زیادی به روش جریان صفحه‌ای حرکت رسوبی نزدیک بستر شده و تعلق (توقف) رسوبی نادیده انگاشته شده است. نتایج بدست آمده از بررسی‌های آزمایشی و پیشرفت مدل در این زمینه گروه‌بندی و بصورت جزئی بحث شده‌اند.

۲- آزمایشات

۲.۱ لوازم آزمایشی و روش کار

برای اندازه‌گیری میزان انتقال رسوب در منطقه خیزاب، تجارب آزمایشگاهی در یک مخزن موج دوبعدی بزرگ در آزمایشگاه هیدرولیک کالج Imperial لندن انجام شدند. شکل ۱ روند آزمایش را بطور توصیفی نشان می‌دهد.



شکل ۱: توصیف شرایط آزمایشگاهی

با استفاده از یک طیف JANSWAP نمونه‌ای، موج‌های نامنظم در یک طرف مخزن به وجود آمدند و تغییرات سطح بستر با استفاده از دو اندازه متناوب رسوبات (ماسه‌ریز $D_{50}=0.50\text{ mm}$ و ماسه درشت $D_{50}=1.5\text{ mm}$) در ساحل طبیعی اندازه‌گیری شدند (برای جزئیات بیشتر به Holmes 1996 و بقیه رجوع کنید) سپس آزمایشات دوباره در مقابل ساختار انعکاسی جزئی در منطقه خیزاب تکرار شدند. اندازه رسوبات انتخاب شده بودند بطوریکه آستانه حرکت برای دوره مشخصی از زمان فراتر از مقدار بحرانی شد. ارتفاعات بستر بعد از ۳۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۲۴۰ دقیقه از عمل موجی اندازه‌گیری شدند. فرض میشود که بعد از ۴ ساعت که عمل موج، مقطع به شرایط همترازی (تعادلی) خواهد رسید. باید ذکر کرد که این آزمایشات متمرکز به ریخت‌شناسی ساحلی کوتاه مدت، برای مثال وقایع طوفانی بودند. بنابراین انتخاب عمل موج ۲۴۰ دقیقه با فرض مقیاس ۱:۳۰، شبیه‌سازی $22 = 240 \times \sqrt{30}$ ساعت در مقیاس کلی برای ایجاد یک مقطع پایدار منطقی به نظر می‌رسد.

۲.۲ اندازه‌گیری تغییر مقطع ساحلی در یک ساحل معمولی در مقابل یک ساختار انعکاسی جزئی با عمق آب ثابت
در این آزمایش با داشتن عمق آب 100 mm در مقابل دیواره ساحلی که منجر به یک ضریب انعکاسی ۳۰٪ می‌شد، تغییرات سطح بستر بعد از هر جریان برای دو اندازه رسوبی اندازه‌گیری شدند. شرایط موجی موجود در طیف‌های K و P برای ایجاد موج‌های نامنظم (تصادفی) مورد استفاده قرار گرفتند.

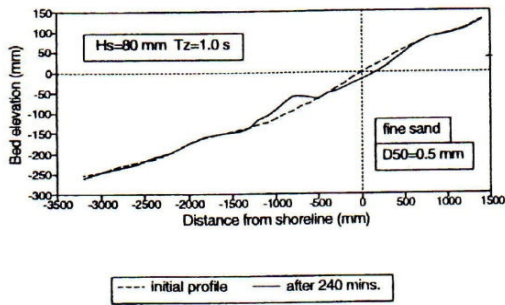
جدول شماره ۱: توصیف طیف‌های مورد استفاده در آزمایش

Spectrum	H_s (m)	T_z (s)	L_0 (m)	S_0
K	0.080	1.0	1.56	0.051
P	0.100	1.5	3.51	0.028

HS = ارتفاع اصلی موج موثر T_z = دوره مقطعی صفر L_0 = طول موج آب عمیق S_0 = تیزی موج آب عمیق

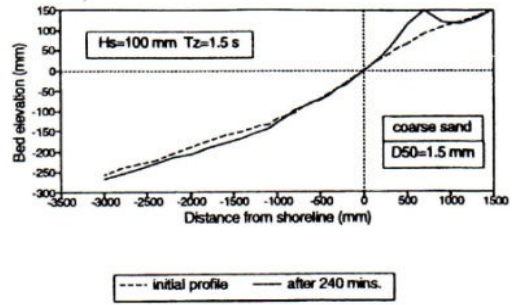
نتایج بدست آمده از آزمایشات ساحل معمولی نشان می‌دهند که ساحل با رسوبات درشت، یک خاکریز (باریکه) را به وجود می‌آورند در حالیکه ساحل با رسوبات ریز، یک بندآب لنگرگاهی را بوجود می‌آورد. با این وجود، نتایج آزمایشات ساحلی در برابر دیوار ساحلی نشانگر تمایل ساحل برای تشکیل یک مقطع خاکریزی در مقابل سازه می‌باشد (شکل ۲).

Beach Profile Evolution
Natural beach (without seawall)



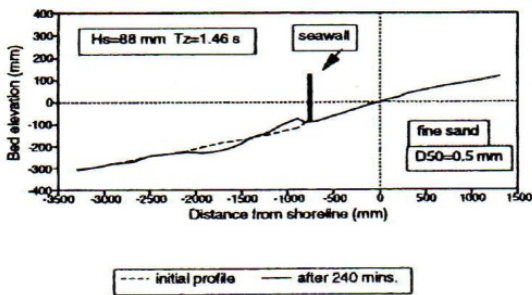
(a)

Beach Profile Evolution
Natural beach (without seawall)



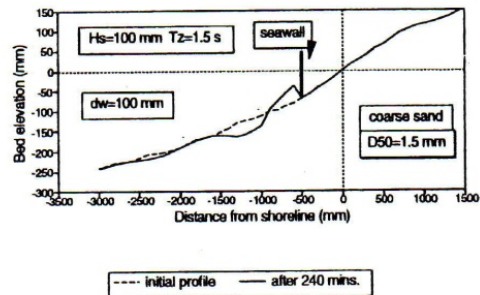
(b)

Profile evolution in front of seawall
Water depth in front of the wall=100 mm



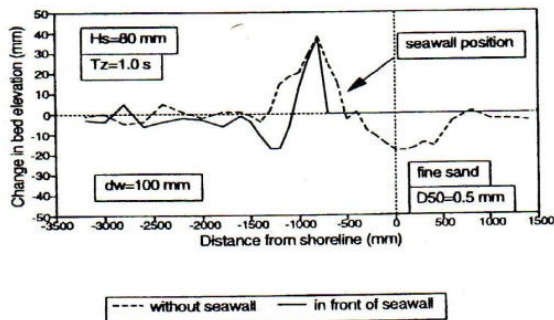
(c)

Beach Profile Evolution
In front of the seawall



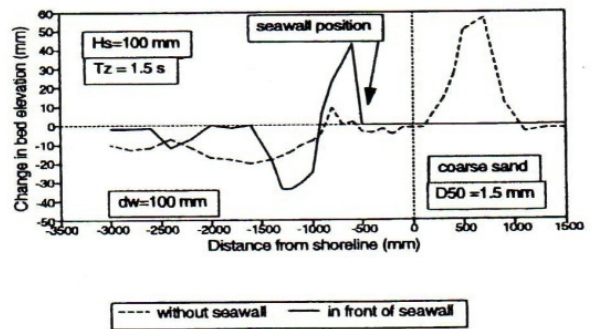
(d)

Comparison of change in profile
After 240 mins. of waves



(e)

Comparison of change in profile
After 240 mins. of waves



(f)

شکل ۲: مقایسه تغییر شکل بستر سواحل معمولی و یک ساحل محافظت شده توسط یک دیوار ساحلی ۳۰٪ بازتابنده بعد از وقوع طوفان ۴ ساعته. D_w عمق آب در مجاورت دیوار است.

این شکل همچنین تغییرات ارتفاع بستر در مقاطع اصلی برای رسوبات ریز و درشت در یک ساحل معمولی را، با مقادیر اندازه‌گیری شده در برابر دیوار ساحلی با هم مقایسه می‌کند. آشکار است که نتایج آزمایشگاهی یک رفتار متفاوت اصلی را برای اندازه‌گیری رسوبی نشان می‌دهند.

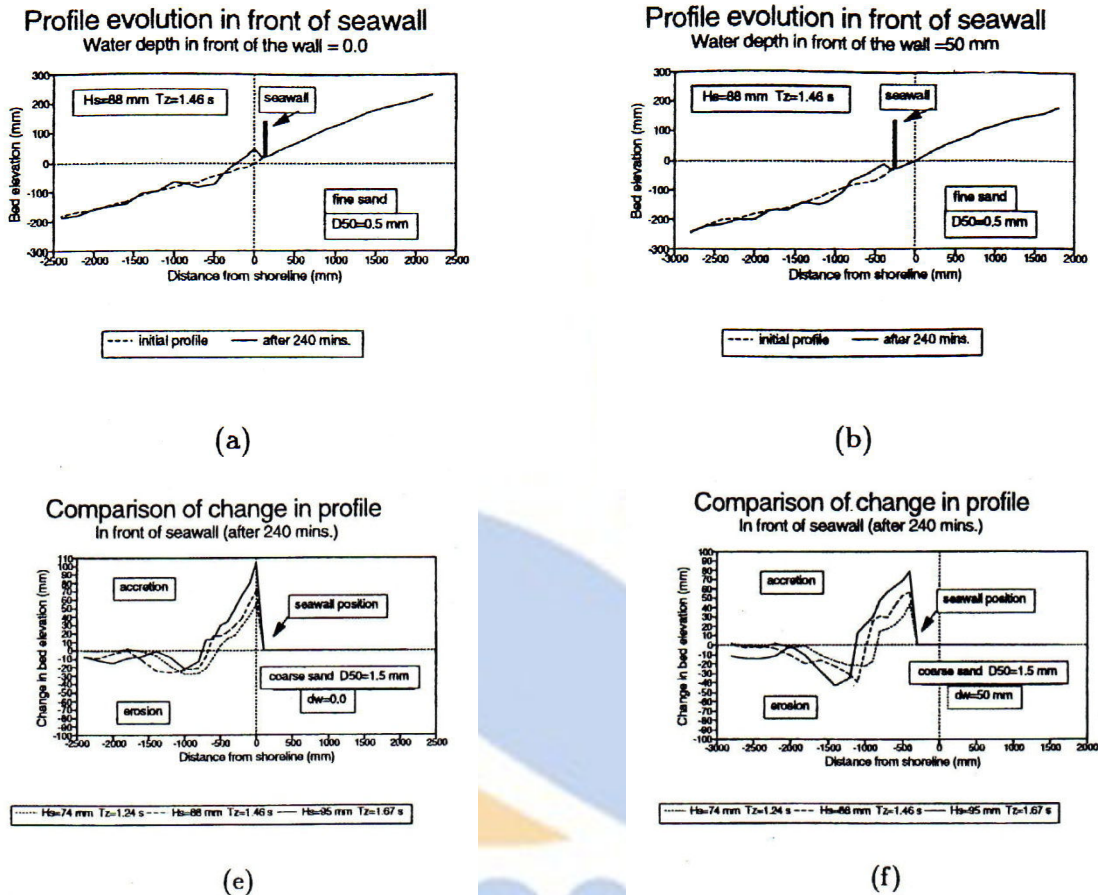
۲.۳ سنجش گسترش ساحل در برابر دیوار انعکاسی جزئی با عمق‌های متغیر

در مرحله دیگر برنامه آزمایشگاهی، تغییرات مقطع ساحلی در برابر دیواره ساحلی با عمق‌های متفاوت آبی اندازه‌گیری شدند تا تأثیر مکان دیوار را بر تغییر مقطع ساحلی ارزیابی کنند. برای این منظور چهار عمق آب $(5, 10, 15, 20)$ mm در برابر دیواره دریایی انتخاب شدند و تغییرات ارتفاع بستر برای سه شرایط موجی متفاوت (S_1, S_2, S_3) اندازه‌گیری شدند که در جدول ۲ خلاصه شده‌اند.

جدول شماره ۲: توصیف طیف‌های استفاده شده در آزمایش دیوار ساحلی

Spectrum	H_s (m)	T_z (s)	L_0 (m)	S_0
S1	0.074	1.24	2.40	0.031
S2	0.088	1.46	3.33	0.027
S3	0.095	1.67	4.35	0.022

شکل ۳ تأثیر موقعیت دیوار ساحلی را در انتقال رسوب و تغییر مقطع ساحلی در شرایط متفاوت موجی استفاده شده در آزمایشات را نشان میدهد.



شکل ۳: تأثیر محل قرارگیری دیوارهای ساحلی بر تغییر شکل ساحل

جالب است که در رسوبات ریز و درشت، هنگامی که عمق آب در برابر دیوار ساحلی افزایش پیدا می‌کند، انتقال رسوبی کمتری را از خود نشان می‌دهند و این در تأیید نتایج اندازه‌گیری‌های سرعت با تراز متفاوت آبی در مقابل سازه می‌باشد که نشانگر جریان هدایت شده دور از کرانه‌ای و جریان آبی به سمت دریا در چنین مواردی می‌باشد (Nashaei & Holmes 1996). این شکل همچنین نشان می‌دهد زمانی که عمق آب در برابر دیواره دریایی کم است، رفتار ساحلی بیشتر شبیه به ساحل طبیعی که در آن بند آب لنگرگاهی تشکیل شده است، می‌باشد. به طور خلاصه، تعداد زیادی آزمایش درباره عملکرد دیوار ساحلی در تغییر شکل بستر ساحل، به روشنی تأثیر ساختار در انتقال رسوبی و تغییرات سطح بستر در منطقه خیزاب را نشان می‌دهد. در حالیکه شکل نهایی مقطع، حساس به قطر رسوبات در یک ساحل معمولی می‌باشد رفتار ساحل در حضور سازه ساحلی، وابستگی کمتری به اندازه رسوبات را از خود نشان میدهد. از طرف دیگر نتایج بدست آمده از اندازه‌گیری تغییر شکل‌ها در برابر یک ساختار انعکاسی جزئی نشان می‌دهد میزانی که یک دیوار ساحلی بر فرآیند پیشروی سواحل تأثیر میگذارد تا حد زیادی بسته به مکان دیواره ساحلی مربوط به سطح کرانه فعال دارد. یک دیواره دریایی واقع شده به

طرف خشکی از سطح کرانه فعال مشابه با ساحل طبیعی رفتار خواهد کرد در حالیکه دیوارهای ساحلی واقع شده در ناحیه ساحلی جریان کرانه‌ای را، بدلیل تأثیرات موج‌های منعکس شده، تغییر خواهند داد.

۳. توسعه مدل

۳.۱ ساختار مدل (انتقال رسوب)

یک روش جدید مبتنی بر تابع توزیع احتمالی سرعت‌های افقی نزدیک بستر، برای گسترش یک مدل نیمه عملی استفاده شده است تا انتقال رسوب و تغییر مقطع ساحل را در اطراف سازه ساحلی محاسبه کند. ورودی اصلی این مدل، عمل موثر (محرک) به شکل یک عمل غلظت احتمالی (PDF) از سرعت افقی نزدیک بستر می‌باشد.

یک مدل جریان صفحه‌ای ساده برای محاسبه انتقال رسوب شبکه از میان مقطع در مقابل سازه ساحلی، مبتنی بر جمع‌آوری تابع توزیع احتمالی از سرعت‌های نزدیک بستر به دست آمده است. یکی از مهم‌ترین ویژگی این مدل، سهیم شدن شرایط آستانه‌ای برای حرکت ابتدایی ذرات در محاسبه جابه‌جایی‌های رسوبی می‌باشد.

(Hallermler 1980) در حد گسترده‌ای مقیاس‌های متفاوت برای آغاز حرکت رسوبی را مرور کرد. تفاوت میان مقیاس‌ها به تکنیک‌های آزمایشی متفاوت نسبت داده می‌شدند. در جریان نوسانی، اگرچه هیچ رابطه پذیرفته شده کلی برای آغاز حرکت در یک بستر صفحه‌ای وجود ندارد (Van Rija 1993) ولی یکی از متداول‌ترین معادلات، معادله (Kommar & Miller 1974) می‌باشد که در مدل فعلی بکار گرفته شده است و به صورت زیر است:

$$\frac{u_{cr}^2}{(s-1)gd_{50}} = 0.21 \left(\frac{2A_{cr}}{d_{50}} \right)^{0.5} \quad ; \quad d_{50} < 0.0005 \text{ m} \quad (1)$$

$$\frac{u_{cr}^2}{(s-1)gd_{50}} = 0.45 \left(\frac{2A_{cr}}{d_{50}} \right)^{0.5} \quad ; \quad d_{50} \geq 0.0005 \text{ m} \quad (2)$$

$$A_{cr} = \frac{H}{2 \sinh kh} \quad (3)$$

که در آن:

Ucr: مقدار اوج بحرانی از سرعت مداری نزدیک بستر Acr: مقدار اوج بحرانی از انحراف مداری نزدیک بستر n = عمق آب

d50 = شعاع میانی شعاع مواد بستر S = جاذبه ویژه $\left(\frac{\rho_s}{\rho} \right)$ که در آن ρ_s و ρ غلظت رسوب و غلظت مایع هستند H = ارتفاع موج

K = تعداد موج $\left(\frac{2\pi}{L} \right)$ که در آن L طول موج است) g = شتاب جاذبه

در مدل فعلی، ترکیب معادلات بالا با مدل (Van Rijn 1993) که براساس تنشهای برشی بحرانی بستر می‌باشد، برای تخمین سرعت بحرانی نزدیک بستر مورد استفاده قرار گرفته است که بستگی به ویژگی‌های رسوبی دارد.

هم‌چنانکه توسط (Asano 1995) توصیف شده است جریان صفحه‌ای تحت تنشهای برشی بحرانی بالا زمانی که ناهمواری‌های بستر شسته می‌شوند صورت می‌پذیرد. چون جریان صفحه‌ای یک جریان مخلوط مایعی-ذراتی با تمرکز بالا می‌باشد مکانیسم آن از دیگر حالت‌های انتقال رسوبی بیشتر می‌باشد. در منطقه جریان صفحه‌ای، جایی که چندین لایه از ذرات تشکیل یافته‌اند، برخورد ذره با ذره یک نقش اصلی در مبادلات حرکتی را ایفا می‌کند.

در مناطقی با تمرکز بالا و نزدیک به لایه غیرقابل حرکت، سرعت انتقال رسوب بدلیل تنش در روی دانه‌ای به صفر نزدیک می‌شود. طبق (Grant, Madson 1976)، (Sleath 1993) و (Watanab & Dibajnia 1992) فرض می‌شود که رسوب در لایه بالایی بستر با سرعت مایع حرکت می‌کند، زمانی که سرعت جریان از سرعت آستانه برای آغاز حرکت رسوب (u_{cr}) فراتر رفته است ذراتی که در حرکت می‌باشند به حرکت خود ادامه خواهند داد. حتی زمانی که $u < u_{cr}$ و این احتمال وجود دارد که ذرات متحرک سرعتشان کاهش یافته در اطراف نقطه عکس سرعت مایع متوقف گردند (شکل ۴).

در اولین تخمین از این کاهش می‌توان چشم دوخت و بنابراین حرکت رسوب زمانی متوقف خواهد شد که $u < u_{cr}$ باشد. باید در این جا ذکر کرد که در این مرحله فرض بالایی بدلیل سادگی آن در محاسبه حرکات رسوب شبکه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگرچه مدارک بیشتری برای اثبات این فرض مورد نیاز است، با ارجاع به شکل ۴ جابه‌جایی‌های مثبت و منفی رسوب می‌تواند به شکل زیر بدست آید:

$$neg. dis. = \int_{t_1}^{t_2} u dt \quad pos. dis. = \int_{t_3}^{t_4} u dt \quad (4)$$

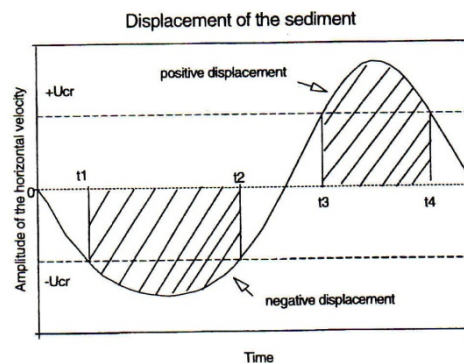
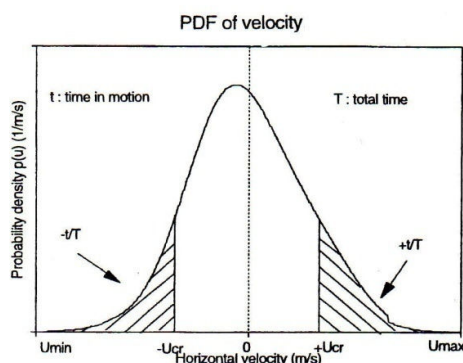
که در آن:

$$u(t_2) = -u_{cr} = u(t_1) \quad u(t_3) = u(t_4) = +u_{cr}$$

با استفاده از این روش و افزودن جابه‌جایی‌های متوالی برای اجزای مثبت و منفی سرعت سری‌های زمانی به صورت جداگانه، محاسبه جابه‌جایی رسوب شبکه‌ای برای یک محل داده شده در طول یک دوره زمانی (t) به صورت زیر است:

$$net. dis. = \sum_{t=0}^T (pos. dis.) - \sum_{t=0}^T (neg. dis.) \quad (5)$$

در شرایط عملی، استفاده از سری‌های زمانی سرعت به منظور محاسبه جابه‌جایی رسوب شبکه آسان نمی‌باشد بنابراین از طریق انتقال مسئله به حوزه احتمال یک روش متناوب مبتنی بر PDF با سری‌های زمان سرعت برای اجتناب از سختی‌های مربوط به محاسبات سری‌های زمانی معرفی شده است. این روش می‌تواند برای پیش‌بینی میزان خالص و ناخالص رسوب شبکه در منطقه خیزاب در طول ساحل مورد استفاده قرار گیرد. هم‌چنانکه توسط (Nashaei 1997) مورد بحث قرار گرفته است، امکان این وجود دارد که براساس شبیه‌سازی تابع توزیع احتمالی Gaussian و تعریف آن با استفاده از یک عمل انتقال PDF سرعت افقی نزدیک بستر را تخمین زد. براساس تعریف تابع توزیع احتمالی سرعت افقی، منطقه سایه‌دار زیر PDF در هر دو بردار مثبت و منفی PDF، (شکل ۵) درصد زمانی را نشان می‌دهد که سرعت حرکت رسوب از میزان بحرانی (u_{cr}) فراتر می‌رود.



شکل ۴: محاسبه میزان جابه‌جایی رسوبات با استفاده از سری زمانی سرعت شکل ۵: تابع احتمال برای سرعت‌های افقی نزدیک بستر

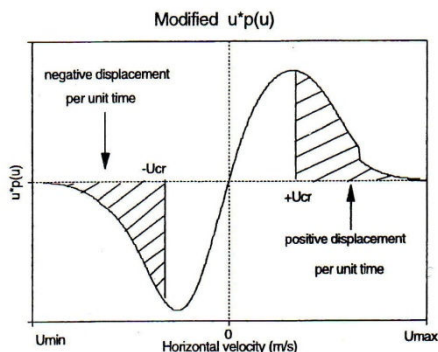
فرض می‌شود که رسوبات مانند ذرات آب نزدیک بستر، با سرعت یکسانی حرکت می‌کنند بنابراین طول زمانی که در آن رسوب حرکت می‌کند مثبت می‌باشد و جهت منفی به ترتیب به صورت زیر می‌تواند محاسبه گردد:

$$t_{pos} = T \int_{u_{cr}}^{u_{max}} P(u) du \quad t_{neg} = T \int_{u_{min}}^{-u_{cr}} p(u) du \quad (6)$$

T دوره کل زمانی است که محاسبه جابه‌جایی رسوب انجام شده است (طول طوفان). براساس معادله حرکتی برای جابه‌جایی یک ذره، جابه‌جایی یک ذره در حرکت به آسانی به عنوان حاصل ضرب سرعت آن و طول زمانی که در آن ذره در حرکت است، به دست می‌آید. بنابراین جابه‌جایی‌های مثبت و منفی به ترتیب به صورت زیر بدست می‌آید:

$$pos. dis. = \int_{u_{cr}}^{u_{max}} up(u) du \quad neg. dis. = \int_{u_{min}}^{-u_{cr}} up(u) du \quad (7)$$

حاصل ضرب $up(u)$ نشانگر غلظت احتمالی از سرعت رسوب در بالاترین لایه حرکت کننده می باشد. شکل ۶ یک شکل نمونه ای از عمل $up(u)$ را نشان می دهد.

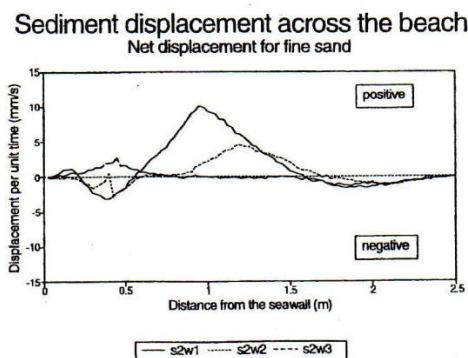
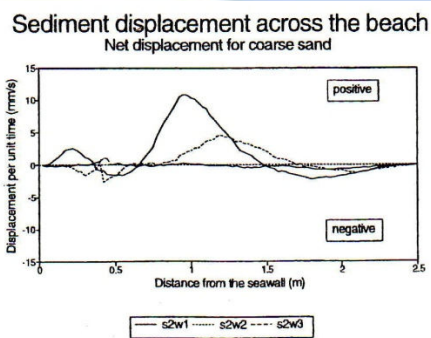


شکل ۶: محاسبه جابجایی رسوبات بر اساس تابع توزیع احتمال

هم چنانکه در این شکل نیز دیده می شود، برای یک Gaussia PDF با میانه صفر، زمانی که جابه جایی های منفی و مثبت برابر با U_{cr} داده شده می باشند، جابه جایی شبکه صفر خواهد بود و هیچ انتقال رسوبی شبکه ای در منطقه خیزاب اتفاق نخواهد افتاد. در واقع بدلیل انحراف PDF حاصله از تاثیرات شکستی و غیرخطی در آب کم عمق، جابه جایی های رسوبی شبکه برای هر مکان ویژه در منطقه خیزاب به صورت زیر می تواند محاسبه گردد:

$$net\ dis. = pos.\ dis. - neg.\ dis. = \int_{U_{cr}}^{U_{max}} up(u) du - \int_{U_{min}}^{-U_{cr}} up(u) du \quad (8)$$

شکل ۷ جابه جایی های شبکه ای محاسبه شده در یک سری نقاط در طول مقطع برای شرایط متفاوت موجی مورد استفاده در آزمایشات با استفاده از روش بالا را نشان می دهد.



شکل ۷: محاسبه جابجایی خالص رسوبات در طول ساحل برای شرایط مختلف طوفانهای آزمایشگاهی

روش ترکیبی عددی که برای محاسبه منطقه زیرمنحنی $up(u)$ بکار گرفته شده بود مربوط به جابه جایی رسوب برای هر واحد زمانی است. هم چنانکه در این شکل می توان دید در اغلب موارد جابه جایی های مثبت درون منطقه خیزاب برجسته بوده و منجر به انتقال پیرامون ساحلی و ساخت یک مقطع خاکریز (باریکه) در برابر دیواره ساحلی می گردد.

۳.۲ ساختار مدل (گسترش مقطع ساحلی)

ویژگی نهایی مدل اعلام شده، محاسبه تغییرات سطح بستر و در نتیجه تغییر مقطع ساحلی در مقابل ساختار ساحلی می باشد. هم چنانکه قبلاً نیز توصیف شده است جابه جایی های منفی و مثبت برای یک ذره رسوبی در هر واحد زمانی از طریق کاربرد منحنی $up(u)$ در معادله ۷ می تواند به کار رود. با تقسیم مقطع به چند قسمت، همچنانکه در شکل ۸ نشان داده شده است، ممکن است که بتوان یک جابه جایی منفی یا مثبت را برای هر قسمت نسبت داد.

گام بعدی انتقال هر قسمت از مقطع به یک موقعیت جدید می‌باشد که از طریق میزان جابه‌جایی آن معین می‌گردد. با در نظر داشتن اینکه جابه‌جایی‌های محاسبه شده از طریق معادله ۷ برای هر واحد زمان می‌باشند، لازم است که این فرآیند برای هر قسمت زمانی که در آن رسوبات در حرکت می‌باشند تکرار شود. این زمان را به راحتی می‌توان از مساحت زیرمنحنی غلظت احتمالی سرعت افقی برای هر نقطه در طول مقطع با استفاده از انتگرال عددی طبق معادله ۶ محاسبه کرد.

از طریق ضرب زمان حرکت در مقدار هر بخش در واحد عرض قسمت مقطع و انتقال نتایج به مکان صحیح، برای مثال افزودن منطقه اندوخته، محاسبه میزان تغییر در سطح بستر در طول مقطع و شکل نهایی ساحل در برابر سازه ساحلی بعد از یک دوره زمانی امکان‌پذیر می‌گردد. این به ما اطمینان می‌دهد که جابه‌جایی رسوبات از موقعیت اولیه‌شان کوچک می‌باشد بنابراین حوزه سرعت پیرامونی در طی این جابه‌جایی تغییر چندانی نمی‌کند. مسئله مهم در این جا این است که تا چه عمقی رسوبات در سطح قائم می‌توانند ساییده شوند؟ برای مثال مقدار دقیق در واحد عرض هر بخش که در طول مقطع جابه‌جا می‌گردد چه قدر است؟

برای کاربرد این مفهوم در مدل یک عمق نفوذی، به عنوان عمقی که رسوبات حرکت می‌کنند تعریف شده است که در سرعت پیرامونی در شرایط جریان صفحه‌ای، برای ارزیابی مقیاس طول عمود رسوبات سایشی در طول مقطع بکار می‌رود. طبق (Nielsen 1992) و دنبال کردن فرض (Bagnold 1956) برای شرایط جریان صفحه‌ای، مقیاس عمودی توزیع بار بستر به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$L_B = \frac{1}{c_{max}} \int_0^{\infty} c_B(z) dz \quad (9)$$

که در آن: C_{max} = تمرکز رسوب در بالای بستر ثابت $C_B(z)$ = تمرکز رسوب بار بستر
که از طریق فرضیه‌های Bagnold به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$L_B = k_B(\theta' - \theta_c)d \quad (10)$$

که در آن: θ = قطر ذرات رسوب K_B = یک ثابت (توسط ۲/۵ تعریف شده است) $\theta' =$ اصطکاک پوسته یا عامل موثر shield (از طریق معادله ۱۱ تعریف شده) $\theta_c =$ عامل بحرانی Shield (برای مواد محلی ۰/۰۵-۰/۰۲)
عامل Shield غیر ابعادی که در تنش برشی بستر به صورت زیر تعریف می‌گردد.

$$\theta' = \frac{\tau'}{\rho(s-1)gd} \quad (11)$$

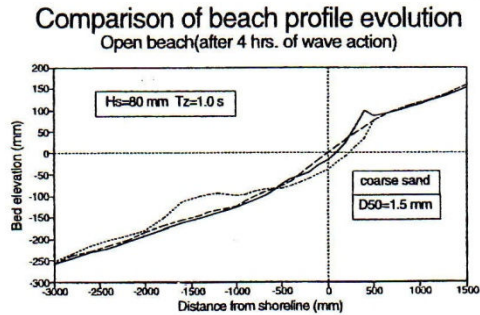
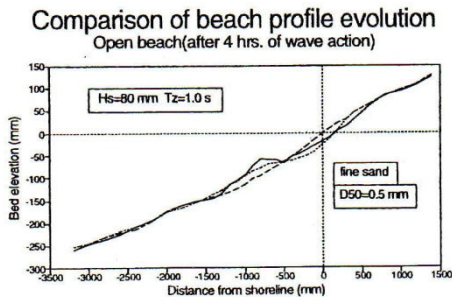
که در آن: T' = تنش برش موثر بستر P = غلظت سیال
بنابراین منطقه هر بخش می‌تواند از طریق حاصلضرب L_B و طول هر قسمت محاسبه گردد. سرانجام با گذاشتن این مقدار برای واحد عرض به یک مکان جدید مشخص شده از طریق میزان جابه‌جایی شبکه و نیز در نظر داشتن زمانی که توسط هر واحد در حال حرکت صرف می‌شود محاسبه پیش‌روی‌های مقطعی در طول ساحل را می‌توان محاسبه کرد. مثال‌های نتایج تغییر مقطع توسط مدل فعلی و نیز مقایسه آنها با نتایج به دست آمده برای شکل ۴ برای رسوبات ریز و درشت، پیش‌بینی شده است. هم‌چنانکه دیده می‌شود این پیش‌بینی‌ها برای سطوح کمتر آب درست می‌باشند. چنانکه عمق در آب در برابر دیوار افزایش پیدا می‌کند، تفاوت بین پیش‌بینی‌ها و اندازه‌گیری‌ها برجسته‌تر می‌گردد.

۴. نتایج و بحث

۴.۱. آزمایشات

اگرچه سنجش‌های مستقیمی در مورد جنبش رسوبات در طول ساحل از طریق آزمایشات انجام پذیرفت ولی بررسی تغییرات سطح بستر بعد از دوره مشخصی از زمان (شکل ۳ و ۲) نشان می‌دهد که در اغلب موارد یک تعادل منطقی بین مواد ته نشین شده و فرسایشی وجود دارد. با این وجود، در برخی موارد مقاطع اندازه‌گیری شده یک تعادل رسوبی حجمی نزدیک به هم را تولید نمی‌کنند. این تا اندازه‌ای مربوط به فشردگی ماسه در طول جابه‌جایی و نیز از دست دادن مقداری رسوب در مجاورت سازه ساحلی می‌گردد.

اندازه‌گیری مقطع را بدلیل امواج تصادفی نرمال و شکل ثابت در طول عرضی کانال می‌توان به عنوان یک آزمایش دو بعدی تصور کرد. اگرچه سنجش‌های مقطع در جهت عرضی یک انحراف کوچک از مقادیر اصلی را نشان داد که مربوط به فرآیند شکل‌دهی بود. شکل ۹ مقایسه بین مقاطع اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده توسط (Narin و Southgate 1993) را برای یک ساحل معمولی بعد از ۴ ساعت از عمل موج برای رسوبات ریز و درشت را نشان میدهد.



شکل ۹: مقایسه نیمرخهای اندازه‌گیری شده و تخمین زده شده توسط مدل Narin & Southgate برای یک ساحل معمولی پس از یک طوفان ۴ ساعته برای بسترهای ریز و درشت

هم چنانکه دیده می‌شود با اینکه پیش‌بینی‌ها یک گرایش مشابه برای رسوبات ریز و درشت را نشان میدهند، نتایج آزمایش یک مقطع پیشرفته به طرف ساحل در رسوبات ریز و یک مقطع باریکه‌ای (تپه‌ای) برای رسوبات درشت را نشان میدهند. بنابراین آشکار است که پیش‌بینی‌ها برای رسوبات درشت به هیچ وجه شبیه به اندازه‌گیری‌ها نمی‌باشد. تصور میشود که دلیل این تفاوت مربوط به غیرحساس بودن روش فعال به اندازه رسوبات می‌باشد که در طول Narin مورد استفاده قرار گرفت. در این جا اندازه‌گیری‌های مقاطع در مقابل دیواره ساحلی مقایسه شده‌اند که این بدلیل وجود نداشتن یک مدل پیش‌بینی کننده در چنین مواردی می‌باشد.

۴.۲ توسعه مدل

هم چنانکه قبلاً ذکر شده، طبق (Bagnold 1956) مفهوم شرایط جریان صفحه ای برای محاسبه میزان انتقال رسوب در طول مقطع در مدل فعلی به کار گرفته شده است. فرض می‌شود که ذرات به عنوان یک بار بستر حمایت شده توسط تصادم میان ذره ای حرکت می‌کنند. بنابراین مکانیسم بار معلق در مدل فعلی در نظر گرفته نشده است. برای تصور صحت این فرض ضابطه ذیل که توسط (Delgaard & Fredse 1992) پیشنهاد شده است میتواند مورد استفاده قرار گیرد. شرایط یک ذره برای حرکت در تعلیق به صورت ذیل داده شده است:

$$\frac{W_s}{u_f} < 0.8 \rightarrow 1 \quad (12)$$

که در آن:

W_s = سرعت ته نشینی نهایی برای یک ذره رسوب = سرعت اصطکاک پوسته
و برای رسوبات زیر W_s به صورت زیر تخمین زده می‌شود:

$$W_s = \frac{(s-1)gd^2}{18\nu} \quad (13)$$

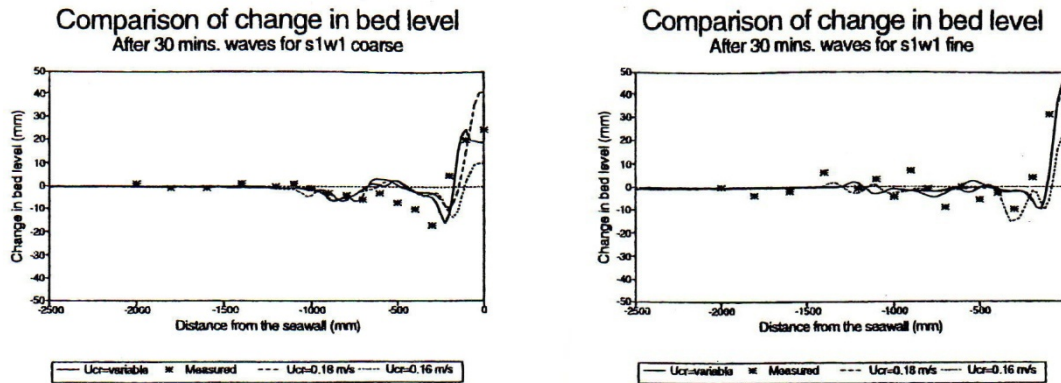
که در آن:

d = قطر ذره رسوبی g = شتاب جاذبه s = غلظت نسبی رسوبات ν = چسبندگی مایع

برای اندازه‌های رسوبات استفاده شده در آزمایشات ضابطه ذکر شده بالایی منجر به $4 \rightarrow 2 \approx \frac{W_s}{u_f}$ برای شرایط موج گسترده می‌شود.

باید در این جا ذکر کرد که سرعت‌های ماکسیمم اصطکاک در آزمایشات برای ارزیابی نسبت مینیمم مورد استفاده قرار گرفته‌اند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که فرض استفاده شرایط جریان صفحه ای در این مدل منطقی می‌باشد.

با در نظر گرفتن معیار آغاز حرکت ، رسوبات زمانی حرکت را آغاز می کنند که $u \geq u_{cr}$ و تا زمانی که $u < u_{cr}$ باشد به حرکت خود ادامه می دهند. زمانیکه سرعت نزدیک بستر کوچکتر از سرعت بحرانی باشد رسوبات حرکت را متوقف کرده و هیچ انتقال رسوبی در منطقه خیز آب صورت نمی پذیرد . آشکار است که این فرضیه نیاز به توضیح دارد . طبق (Van Rijn 1993) در استفاده از ضابطه Shield برای حرکت رسوبات فرض می گردد که حرکت ذره ای پیوسته در مدل وجود دارد . در مدل فعلی با در نظر داشتن ضابطه Shield و حرکات ذرات ، یک سرعت آستانه برای تعیین آغاز حرکت برای رسوبات در منطقه خیز آب معرفی شده است. شکل ۱۰ حساسیت پیش بینی های سطح بستر در این مدل را به سرعت بحرانی نشان می دهد.



شکل ۱۰ : حساسیت نتایج پیش بینی شده به تغییرات سرعت بحرانی برای یک طوفان خاص و برای مصالح ریز دانه و درشت دانه

آشکار است که سرعت بحرانی یک عامل مهم در کنترل شکل مقطع می باشد زیرا مرزهای انتگرال حساس به اندازه سرعت بحرانی می باشند. بنابراین پیشرفت بیشتر مدل نیازمند ترکیب یک تخمین بهتر شرایط استانه ای در آغاز حرکت رسوب در منطقه خیزاب می باشد . علاوه بر این اطلاعات میدانی در استانه حرکت رسوب باید قبل از هر گونه تلاشی برای مقایسه آزمایشگاهی صورت پذیرد . هم چنانکه قبلاً بیان شد مفهوم عمق نفوذی برای تعیین مقدار رسوب در حال حرکت در صفحه عملی در مدلی که از فرض (Bangnad) 1956 استفاده کرده بود معرفی شده بود که به صورت زیر است :

$$L_B = k_B(\theta' - \theta_c)d \quad (14)$$

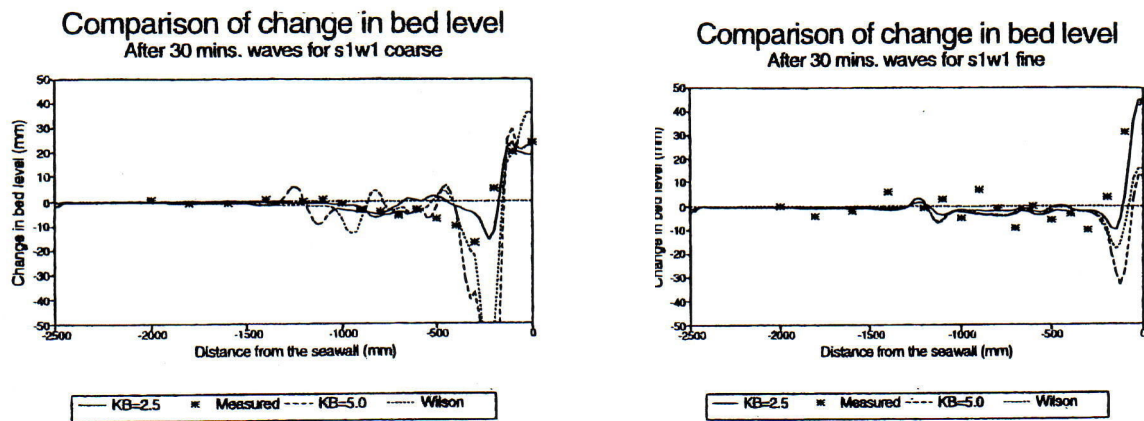
ضخامت لایه صفحه ای توسط (Wilson 1967) به صورت زیر داده شده است:

$$\frac{L_B}{d} = \frac{2\theta'}{c_0 \tan(\varphi_d)} \quad (15)$$

که در آن :

C_0 = بیشترین میزان تمرکز رسوب در بستر (برای ماسه طبیعی ۰.۶۵) Qd = زاویه اصطکاک دینامیک

در هر دو روش ذکر شده در بالا عمق نفوذ بصورت معینی با θ' افزایش پیدا می کند . بدلیل کمبود اطلاعاتی درباره ضخامت لایه جریان صفحه ای هیچ مدرک آشکاری برای ارتباط دادن این عمق نفوذی به قطر ذره وجود ندارد . بنابراین مدل فعلی یک فرض ساده است که بر اساس مقیاس Bagnold می باشد . این مقیاس عمق نفوذی را به قطر ذره ، طبق معادله ۱۴ ، مربوط می سازد . برای در نظر گرفتن حساسیت نتایج پیش بینی شده در فرضیات این مدل در مقابل آن فرضیات آزمایش شده و نتایج در شکل ۱۲ نشان داده شده است . نتایج کاملاً ثابت بوده و مدل قادر است که نتایج متفاوت را برای رسوبات ریز و درشت پیش بینی کند . این امر توانایی مدل را برای پیش بینی شکل های متفاوت مقطع برای اندازه های متفاوت رسوبی را نشان می دهد . با در نظر گرفتن اینکه روش فعال به قطر رسوب حساس نمی باشد ، حساسیت نتایج فعلی به اندازه رسوبات یکی از مهم ترین مزایای مدل اعلام شده است و با مشاهدات پیرامون و نتایج آزمایشات هماهنگی دارد . دیگر عامل مهم برای تعیین مقدار رسوبات در حال حرکت عامل ثابت K_B در معادله ۱۴ می باشد . مقدار K_B بین ۲.۵ (Nielson 1992) و ۱۰ (Asano 1990) توسط محققان متفاوت اعلام شده است . شکل ۱۲ حساسیت نتایج پیش بینی شده را به مقادیر انتخاب شده K_B نشان می دهد .



شکل ۱۲: مقایسه نتایج پیش بینی شده از روشهای Wilson و Bagnold برای شرایط یک طوفان خاص در بسترهای درشت و ریزدانه

هم چنانکه دیده می شود نتایج به مقدار K_B حساس می باشند زیرا عملکرد بستر فرسایشی در طول ساحل را مشخص می کند. در حال حاضر هیچ کار راضی کننده ای درباره مفهوم عمق نفوذی وجود ندارد. بنابراین بررسی های بیشتر درباره عمق فرسایشی در شرایط جریان صفحه ای باید انجام پذیرد. همچنین مقایسه نتایج پیش بینی شده توسط مدل بین روش های مختلف (معادله ۱۴ و ۱۵) نشان داده شده در شکل ۱۲ نشانگر اختلاف موجود بین تئوری ها می باشد و نیاز زیادی برای توضیح مفهوم عمق نفوذی و شرایط جریان صفحه ای وجود دارد.

۵. نتیجه گیری

یک مدل جریان صفحه ای برای محاسبه جابه جایی های رسوبی در طول مقطع با انتگرال گیری حاصلضرب سرعت های افقی نزدیک بستر و توابع توزیع احتمال آنها بوجود آمده است. با محاسبه جابه جایی های رسوبات، تغییر شکل های بستر بر اساس تعادل جرمی در یک سری مکان در طول مقطع تخمین زده شده اند. نتایج زیر از بررسی های آزمایشاتی و پیشرفته مدل در معادله فعلی به دست آمده اند:

۱. میزانی که یک دیوار ساحلی بر فرآیند شن روی ساحل تاثیر دارد تا حدی زیادی بستگی به مکان آن در ارتباط با سطح کرانه فعال دارد. یک دیوار ساحلی نزدیک به خشکی در سطح کرانه فعال به جز در دوره هایی که آب به طور استثنایی بالا باشد بر فرآیند ساحلی تاثیر نخواهد داشت، در حالیکه دیوار ساحلی واقع در سطح کرانه فعال، مقطع ساحل نزدیک کرانه را تغییر می دهد.
۲. با در نظر گرفتن انحراف لحظه ای مفروضات سرعت در میانه و دخیل کردن نتایج شرایط آستانه، منجر به یک پیش بینی بهتر راجع به قطر می گردد. به بخاطر سپردن اینکه روش فعال به اندازه ذرات حساس نمی باشد، وابستگی نتایج پیش بینی شده به قطر رسوب یکی از مهمترین مزایای مدل محلی می باشد. نتایج بدست آمده از آزمایشات تغییرشکل، وابستگی شدید مقطع نهایی به اندازه ذره را نشان می دهند.

۳. تا فرمول بندی پیش بینی انتقال رسوبی بر انتگرال گیری توابع احتمال سرعت افقی نزدیک بستر به عنوان یک تابع موثر برای حرکت رسوب یک وسیله مهم در محاسبه تغییر مقطع محاسبه ای در منطقه خیزاب می باشد. درستی این روش از طریق مقایسه نتایج پیش بینی شده با نتایج بدست آمده از آزمایشات نشان داده شده است.

۴. علاوه بر حساسیت نتایج پیش بینی شده در مدل فعلی به برخی عناصر مهم، استفاده از شرایط جریان صفحه ای برای پیشرفت مدل به عنوان یک تخمین کاملاً منطقی است و می تواند نتایج راضی کننده ای را در مقایسه با نتایج آزمایشاتی تولید کند.

۵. نوآوری مفهومی کار فعلی، در نظر داشتن توابع توزیع احتمالی سرعت و انتگرال گیری از آنها برای محاسبه جابه جایی های رسوبی در طول مقطع می باشد. نتایج آزمایشاتی در هماهنگی با نتایج پیش بینی شده از طریق مدل بودند که امید بخش و نوید بخش پیشرفت های مدل مقدماتی می باشد. اگر چه مفروضات بیشتری برای تصدیق بهتر مقیاس اعلام شده مورد نیاز است.

به طور خلاصه اگر چه این مدل از لحاظ کمی مطلوب نیست، مدل ابتدایی گسترش یافته در کار فعلی از نظر هماهنگی کیفی آن با بررسی های آزمایشگاهی نوید بخش است. مدل به صورت منطقی بوده و میتواند به یک سری بزرگ از شرایط رسوباتی و موج های طبیعی گسترش یابد. خاصیت احتمالی بکار رفته در مطالعه فعلی یکی از مهم ترین مزایای مدل اعلام شده می باشد. با در نظر داشتن اینکه ریخت شناسی سواحل موجود ضرورتاً به عوامل مختلفی وابسته است، مدل حاضر فرآیندهای ریخت شناسی را در پاسخ با داده های ورودی توصیف می کند. روش تصادفی که در تحقیق حاضر مورد نظر قرار گرفته است یک گام ضروری در پیشبرد دانش فعلی و جدیدترین تکنولوژی و مدل سازی ریخت شناسی ساحلی به حساب می آید.

- 1- Asano, T. (1990). Two – phase Flow Model on Oscillatory Sheet – Flow Proc. Of 22 nd Int. Conf. On Coastal Eng., ASCE, pp. 2372- 2384
- 2- Asano, T. (1995). Sediment Transport under Sheet – Flow Conditions. J. of Waterway, port, Coastal and Ocean Engineering ASCE Vol. 121, No. 5, pp.239-246.
- 3- Bagnold, R. A (1956). The Flow of Cohesionless Grains in Fluids. Phil Trans. Roy. Soc. London, No. 964, Vol . 249, pp. 235- 297.
- 4- DibaJnia, M. and Watanabe, A. (1992). Sheet Flow under Nonlinear Waves and Currents. Proc. Of 23rd Int. Conf. on Coastal Eng., ASCE, pp. 2015 – 2028.
- 5- Fredsoe, J. and Deigaard, R. (1992). Mechanics of Coastal Sediment Transport. Advanced Series on Ocean Engineering: Vol. 3. World Scientific Publishing Co. Plc. Ltd.
- 6- Hallermeir, R. J. (1980). Sand Motion Initiation by Water Waves: Two Asymptotes. J. of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering. ASCE. Vol. 106, No. WW3, PP. 299 – 318.
- 7- Holmes, P., Baldock, T. E
- 8- Chan, R. C and Neshaei, M. A. L. (1996). Beach Evolution under Random Waves Proc. Of 25th Int. Conf. on Coastal Eng. , ASCE, PP. 3006- 3019.
- 9- Holmes, P. and Neshaei, M. A. L (1996). The Effect of Seawalls on Coastal Morphology Proceedings of the Ecohydraulics 2000. Vol. A, PP. 525 – 530.
- 10 - Kanphuis, J. W., Rakha, K. A. and Jui, J. (1992). Hydraulic Model Experiments on Seawalls. Proc. Of 23rd Int. Conf. on Coastal Eng. , ASCE, Vol. 2, PP. 1272-1284.
- 11 - Komar, P.D. and M. C. Miller. (1974). Sediment Threshold under Oscillatory Waves. Proc. Of 14th Int. Conf. on Coastal Eng., ASCE, PP. 756 -775.
- 12 - Kraus, N. C. (1988). The Effects of Seawalls on the Beach: an Extended Literature Review. Journal of Coastal Research, CERF , Special Issue No. 4, PP. 1-28.
- 13 - Madsen, O. S. and Grant, W.D.(1976). Quantification Description of Sediment Transport by Wave. Proc. Of 15th Int. Conf. on Coastal Eng., ASCE, PP. 1093 -1112.
- 14 - Nairn, R. B. and Southgate, H. N. (1993). Deterministic Profile Modelling of Nearshore Processes. Coastal Eng., Vol. 19, PP. 57 – 96.
- 15 - Nishaei , M. A.L. (1997). A Semi – Empirical Model for Beach Profile Evolution in front of a Partially Reflective Structure. Proceedings of the XXVII IAHR Congress, ASCE. PP. 31- 36.
- 16 - Nielsen, P. (1992). Coastal Bottom Boundary Layers and Sediment Transport. Advanced Series on Ocean Engineering: Vol. 4. World Scientific Publishing Co. Plc. Ltd.
- 17 - Rakha, K. A. and Kamphuis, J. W. (1997). A Morphology Model for an Eroding Beach Baked by a seawall. Coastal Eng., Vol. 30., PP. 53 – 75;
- 18 - Sleath J. F. A. (1993). Bed Load Transport in Oscillatory Flow. IAHR, PP. 93-106.
- 19 - Van Rijn, L. C. (1993). Principles of Sediment Transport in Rivers, Estuaries and Coastal Seas. Aqua Publications – II1, Amsterdam, The Netherlands.
- 20 - Wilson, K. C. (1987). Analysis of Bed – load Motion at High Shear Stresses. J. Hyd. Eng., ASCE, 113(1), PP. 97-103.

A Model Based on Plate Current for Estimation of Deposits Transportation in Protected Coasts by Coastal Wall

S. A. Lashteneshae,
M. A. LotfollahiYaghin,
M. BeikLorian

Abstract

With regard to the effects of reflector structures in transportation of coastal deposits and also morphology of coastal areas, a range of experiments have been conducted on model scale in a coastal wall. These experiments were mainly seeking to assess how coastal form undergoes alteration in a coast. Results indicated that the effect of a coastal wall on projection of coasts is highly dependent on coast's location and surface. When a coastal wall is located in the land side of coast, it will more resemble to natural coasts. A simple plate current model, which is based on distribution functions, has been introduced for prediction of short-term responses in a random wave attack. The most notable innovation of this model is that it includes distribution functions of speeds. Results indicate that this model is highly inspiring and can be a proper step forward.

Keywords: *structure, transportation, coastal wall, model, prediction*