دانشکده مهندسی عمران

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی عمران ـ گرایش سازه‌های دریایی

بررسی اثر نوسانات سطح آب دریای خزر بر روی انتقال رسوبات کرانه‌ای

نگارش:

امید اسماعیلی

استاد راهنما:

دکتر محسن سلطانپور

(دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی)

مهر ۱۳۹۰

تأییدیّه هیات داوران

(برای پایان نامه)

اعضای هیئت داوران، نسخه نهائی پایان نامه خانم / آقای: امید اسمعیلی

را با عنوان: بررسی اثر نوسانات سطح آب دریای خزر بر روی انتقال رسوبات کرانه‌ای

از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای تکمیل درجه کارشناسی/ کارشناسی ارشد تأیید می‌کند.

اعضای هیئت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما			
۲- استاد مشاور			
۳- استاد ممتحن خارجی			
۴- استاد ممتحن داخلی			
۵- نماینده تحصیلات تکمیلی			

تقدیم به:

پدر مهربانم،

مادر مهربانم،

استاد راهنمای بزرگوارم

و

او که امید بخش زندگی من است.

چکیده

پیش‌بینی صحیح نرخ انتقال رسوب کرانه‌ای از عوامل مهم و تاثیر گذار در طراحی بنادر و سازه‌های ساحلی می‌باشد. اگرچه در حال حاضر تلاش‌های بسیاری به منظور تعیین کمی میزان انتقال رسوبات با تحقیق بر روی عوامل تاثیرگذار در حرکت رسوبات در جریان است، استفاده از روابط تقریبی و نسبتا ساده تجربی همچنان بسیار متداول می‌باشد. روابط CERC و Kamphuis از جمله روابط مشهور محاسبه پتانسیل نرخ انتقال رسوب موازی ساحل هستند که دقت و پیش‌بینی این روابط در نقاط مختلف دنیا یکسان نبوده به خصوص برای سواحل دریای خزر که نوسان آب پدیده قابل توجهی می‌باشد. در این تحقیق میزان دبی انتقال رسوب در بنادر کیاشهر، نوشهر و بابلسر مورد مطالعه قرار گرفته است. روش بررسی استفاده از دو دوره مختلف هیدروگرافی و یا عکس های ماهواره ای وسپس مدلسازی عددی انتقال رسوب می‌باشد. برای مدلسازی عددی از مدل LITPACK استفاده شده است. سپس نتایج مدل عددی با مقدار اندازه گیری شده از داده های هیدروگرافی و روابط تجربی مقایسه شده است.

کلید واژه: انتقال رسوب کرانه‌ای، نوسان‌های دریای خزر، روابط تجربی انتقال رسوب، تغییرات پروفیل عرضی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست شکل‌ها ۴
فهرست جدول‌ها ۶
فهرست علایم و نشانه‌ها ۷

فصل ۱- مقدمه ۹
۱-۱- کلیات ۹
۱-۲- کلیات رسوب ۱۱
۱-۳- نحوه تاثیر ویژگی رسوب بر مهندسی سواحل ۱۳
۱-۴- انواع بار رسوبی ۱۴
۱-۵- راه های انتقال رسوب ۱۵
۱-۵-۱- انتقال رسوب عمود بر ساحل ۱۵
۱-۵-۲- انتقال رسوب موازی ساحل ۱۶

فصل ۲- مروری بر ادبیات فنی ۱۸
۲-۱- مکانیزم انتقال رسوب ۱۸
۲-۱-۱- انتقال رسوب در اثر جریان ۱۸
۲-۱-۲- انتقال رسوب در اثر موج ۱۸
۲-۱-۳- انتقال رسوب در اثر موج وجریان ۲۰
۲-۲- آستانه حرکت ۲۱
۲-۲-۱- سرعت بحرانی ۲۱
۲-۲-۲- ارتفاع موج بحرانی ۲۲
۲-۲-۳- تنش برشی بحرانی بستر ۲۴
۲-۲-۴- تنش برشی تحت جریان ۲۶
۲-۲-۵- تنش برشی بستر تحت امواج ۲۸
۲-۲-۶- تنش برشی بستر تحت موج و جریان ۲۹
۲-۳- روابط انتقال رسوب ۲۹
۲-۳-۱- رابطه آکرز وایت انتقال بار کل به وسیله جریان ۳۰
۲-۳-۲- رابطه بیلارد(۱۹۸۱) انتقال بار کل به وسیله امواج ۳۱
۲-۳-۳- رابطه گرس انتقال بار کل به وسیله موج و جریان ۳۲
۲-۳-۴- فرمول CERC ۳۳
۲-۳-۴-۱- مقادیر κ, K ۳۶
۲-۳-۴-۲- تغییرات K با اندازه متوسط ذرات ۳۷

۲-۳-۴-۳- تغییرات K با پارامتر تشابه شکست (ξ_b) ۴۰
۲-۳-۴-۴- فرمول Kamphuis (1991) ۴۱
۲-۳-۴-۵- فرمول Van der Meer (1990) ۴۱

فصل ۳- شرایط خاص دریای خزر ۴۲
۳-۱- کلیات ۴۲
۳-۲- نوسانات سطح آب دریای خزر و عوامل تأثیر گذار بر آن ۴۵
۳-۳- حساسیت سواحل دریای خزر ۵۰

فصل ۴- اثر نوسانات سطح آب بر انتقال رسوب ۵۵
۴-۱- تغییرات خط ساحل ۵۵
۴-۲- مدل های مورفولوژیک سواحل ۵۸
۴-۲-۱- تغییر پروفیل عرضی ساحل ۵۹
۴-۲-۱-۱- تاریخچه قانون برووِن ۶۰
۴-۲-۱-۲- محدودیات قانون برووِن ۶۲

فصل ۵- مدلسازی نرخ انتقال رسوب ۶۵
۵-۱- مقدمه ۶۵
۵-۱-۱- انتقال رسوب عمود برساحل ۶۷
۵-۱-۲- برآورد پتانسیل حمل انتقال رسوبات ساحلی ۶۹
۵-۲- محاسبه نرخ انتقال رسوبات موازی ساحل ۶۹
۵-۲-۱-۱- استفاده از روابط تجربی ۷۰
۵-۲-۱-۲- استفاده از مدل ریاضی ۷۱
۵-۳- معادلات حاکم ۷۲
۵-۳-۱-۱- مدلسازی هیدرودینامیک ۷۳
۵-۳-۲- مدلسازی تغییر پروفیل عرضی ۸۱
۵-۳-۳- مدلسازی انتقال رسوب ۸۱

فصل ۶- محاسبه نرخ انتقال رسوب موازی ساحل ۸۷
۶-۱- کلیات ۸۷
۶-۲- بندر کیاشهر ۹۲
۶-۲-۱- اثر متقابل رودخانه و دریا ۹۵
۶-۲-۲- مدلسازی انتقال مشخصه‌های موج ۹۷
۶-۲-۲-۱- اطلاعات عمق ۹۷
۶-۲-۲-۲- اطلاعات موج ورودی ۹۷
۶-۲-۲-۳- سایر مشخصات ۹۸
۶-۲-۳- مدلسازی پتانسیل نرخ انتقال رسوب ۹۹
۶-۲-۳-۱- اطلاعات عمق ۹۹
۶-۲-۳-۲- اطلاعات موج ورودی ۱۰۰

۶-۲-۳-۳- مشخصات رسوبات ۱۰۱
۶-۲-۴- مقایسه هیدروگرافی‌های مختلف در بندر کیاشهر ۱۰۶
۶-۳- بندر نوشهر ۱۱۰
۶-۳-۱- مدلسازی انتقال مشخصه‌های موج ۱۱۰
۶-۳-۱-۱- اطلاعات عمق ۱۱۰
۶-۳-۱-۲- اطلاعات موج ورودی ۱۱۱
۶-۳-۱-۳- سایر مشخصات ۱۱۲
۶-۳-۲- مدلسازی پتانسیل نرخ انتقال رسوب ۱۱۳
۶-۳-۲-۱- اطلاعات عمق ۱۱۳
۶-۳-۲-۲- اطلاعات موج ورودی ۱۱۴
۶-۳-۲-۳- مشخصات رسوبات ۱۱۵
۶-۳-۳- مقایسه عکس هوایی بندر نوشهر ۱۱۷
۶-۴- تجزیه و تحلیل ۱۲۱

فصل ۷- نتیجه گیری ۱۲۵
۷-۱- کالیبراسیون روابط ۱۲۵
۷-۲- نتیجه گیری ۱۲۸
۷-۳- مطالعات تکمیلی ۱۳۰

فهرست مراجع ۱۳۵

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱: رسوب گذاری در ورودی بندر صیادی لاور ۱۱
شکل ۱-۲: مد های انتقال رسوب..... ۱۵
شکل ۱-۳: پروفیل عرضی زمستان و تابستان..... ۱۶
شکل ۱-۴:تشکیل جریان موازی ساحل..... ۱۶
شکل ۱-۵: اثر سازه بر رسوب موازی ساحل ۱۷
شکل ۲-۱: تشکیل جریان زیر کش ۱۹
شکل ۲-۲:ضریب اصطکاک موج در حالت بستر زبر و صاف(Joonson 1966)..... ۲۳
شکل ۲-۳:سرعت اربیتالی در آستانه حرکت رسوبات به وسیله جریان..... ۲۴
شکل ۲-۴:نمودار θ–D* $_{cr}$ ۲۵
شکل ۲-۵: برازش داده‌های میدانی ارتباط بین P وI ۳۵
شکل ۲-۶:نسبت K محاسباتی و میدانی..... ۳۷
شکل ۲-۷:تغییرات k با سایر اندازه ذرات ۳۸
شکل ۲-۸:تغییرات k با سایرd50 ذرات ۳۹
شکل ۳-۱:تراز سطح آب دریای خزر بین ۱۹۳۰-۲۰۰۰..... ۴۴
شکل ۳-۲:مقایسه سطح آب موجود و پیش بینی شده..... ۴۹
شکل ۳-۳:تغییرات سالانه تراز آب دریای خزردر انزلی از سال ۱۳۷۱ الی ۱۳۸۰ ..... ۵۱
شکل ۳-۴: نسبت آسیب پذیری سواحل دریای خزر..... ۵۲
شکل ۴-۱: اصول مورفودینامیک تغییر ساحل..... ۵۷
شکل ۴-۲: تعادل پروفیل ساحل ۶۰
شکل ۴-۳: پارامتر های قانون برووِن..... ۶۱
شکل ۵-۱: تعریف محور های مختصات برای تنش تشعشعی..... ۷۹
شکل ۶-۱:جهت زوایای موج وساحل..... ۹۱
شکل ۶-۲:نمای کلی بندر کیا شهر..... ۹۲
شکل ۶-۳:گلموج ورودی بندر کیاشهر..... ۹۸
شکل ۶-۴:پروفیل عرضی فاصله از ساحل متر..... ۱۰۰
شکل ۶-۵:موقعیت مقطع انتخابی بندر کیاشهر..... ۱۰۰
شکل ۶-۶:منحنی دانه بندی رسوبات بندر کیاشهر..... ۱۰۱
شکل ۶-۷: محل برداشت نمونه‌های رسوبی..... ۱۰۲
شکل ۶-۸:نمودار تغییرات تراز آب دریای خزر در ایستگاه انزلی ۱۰۳
شکل ۶-۹:نمودار تغیر پروفیل عرضی کیاشهر از سال ۱۳۸۱ تا۱۳۸۷..... ۱۰۴

شکل ۶-۱۰: مرز محدوده‌های هیدروگرافی..... ۱۰۷
شکل ۶-۱۱:هیدروگرافی بندر کیا شهر سال ۱۳۸۱..... ۱۰۷
شکل ۶-۱۲:هیدروگرافی بندرکیا شهر سال ۱۳۸۷ ..... ۱۰۸
شکل ۶-۱۳:تغییر پروفیل عرضی در اثر نوسان آب..... ۱۰۹

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۶-۱:رسوبات خروجی از ایستگاه آستانه درزمانهای مختلف ۹۳
جدول ۶-۲:قطر متوسط نمونه های برداشتی بندر کیاشهر ۱۰۲
جدول ۶-۳:نرخ انتقال رسوب $۱۰^{۶}$ متر مکعب ۱۰۵
جدول ۶-۴پتانسیل انتقال رسوب براساس تئوری‌های مختلف برای زوایای عمود بر ساحل متفاوت..... ۱۰۵
جدول ۶-۵:مقدار انتقال رسوب با روش‌های مختلف متر مکعب ۱۰۸
جدول ۶-۶:نسبت نرخ انتقال رسوب محاسباتی به مقدار واقعی..... ۱۰۸
جدول ۶-۷: نرخ انتقال رسوب $۱۰^{۶}$ متر مکعب..... ۱۰۹

فهرست علایم و نشانه‌ها

عنوان	علامت اختصاری
انتقال وزنی بار بستر در واحد عرض $(\frac{m^2}{s})$	q_{bwb}
انتقال وزنی بار کل در واحد عرض $(\frac{m^2}{s})$	q_{twb}
نرخ انتقال رسوب میانگیری شده زمانی در یک نیم دوره $(\frac{m^2}{s})$	q_{half}
انتقال حجمی بار کل در واحد عرض $(\frac{m^2}{s})$	q_{tb}
انتقال حجمی بارمعلق در واحد عرض $(\frac{m^2}{s})$	q_{sb}
انتقال حجمی بار بستر در واحد عرض $(\frac{m^2}{s})$	q_{bb}
نرخ انتقال رسوب حجمی CERC	Q_c
پتانسیل نرخ انتقال رسوب Kamphuis	Q_k
پتانسیل نرخ انتقال رسوب Van der Meer	Q_v
شیب بستردر محل شکست موج	m_b
زاویه بین جهت جریان و جهت انتشار موج	ϕ
بردار واحد در جهت شیب بستر	i_β
زاویه اصطکاک دینامیکی $(\tan\gamma = 0.6)$	γ
زاویه کف بستر با سطح افق	β
شیب بستر	$\tan\beta$
0.6 : ضریب اصطکاک دینامیکی	$\tan\gamma$
زاویه موج با راستای شمال جغرافیایی	α_w
زاویه ساحل با راستای شمال جغرافیایی	α_s
زاویه تاج موج و خط ساحل در آب عمیق (درجه)	α_o
زاویه تاج موج و خط ساحل در نقطه شکست (درجه)	α_b

عنوان	علامت اختصاری
ضریب مقاومت دارسی ویسباخ	f
درصد وقوع موج	f'
سرعت میانگیری شده در عمق $(\frac{m}{s})$	$\overline{U},\overline{u}$
ماکزیمم سرعت دورانی ذره در فرمول CERC	u_{mb}
سرعت برشی جریان (سرعت اصطکاکی) $(\frac{m}{s})$	u_*,V_*
سرعت جریان در عمق z $(\frac{m}{s})$	$U(z)$
ماکزیمم سرعت دورانی ذره در نزدیکی بستر $(\frac{m}{s})$	$\hat{U}_\delta,u_\circ$
ماکزیمم سرعت دورانی ذره در نزدیکی بستر در منطقه زوال موج $(\frac{m}{s})$	u_{ob}
سرعت بحرانی میانگیری شده در عمق $(\frac{m}{s})$	$\overline{U}_{cr},\overline{u}_{cr}$
سرعت دورانی لحظه ای نزدیک بستر $(\frac{m}{s})$	U_t'
سرعت سقوت ذرات (که به قطر متوسط ذرات وابسته است) $(\frac{m}{s})$	W_s
سرعت دورانی موج در بستر دریا $(\frac{m}{s})$	U_w
ماکزیمم سرعت برشی بستر $(\frac{m}{s})$	$\hat{u}_{*,W}$
سرعت اندازه گیری شده در نقطه ای از ناحیه زوال موج $(\frac{m}{s})$	V_l
سرعت تئوری موازی ساحل $(\frac{m}{s})$	V_0
0.4:سرعت بی بعد جریان در امتداد ساحل	$\left(\frac{V}{V_0}\right)$
سرعت متوسط جریان موازی ساحل $(\frac{m}{s})$	V
سرعت جریان نزدیک بستر $(\frac{m}{s})$	u_c
سرعت گروهی موج در منطقه شکست $(\frac{m}{s})$	C_{gb}
سرعت گروهی موج درآب عمیق $(\frac{m}{s})$	C_{go}

فصل ۱– مقدمه

۱–۱– کلیات

با گسترش فعالیتهای دریایی در کشور نیاز به احداث بنادر مختلف صیادی، تجاری، تفریحی، نظامی و غیره رو به افزایش است. لذا شناخت و بررسی مسائل و مشکلات موجود مسیر را برای استفاده بهتر، تأمین امنیت و دسترسی آسانتر به بنادر و مناطق ساحلی هموار می‌کند.

یکی از مهمترین مواردی که پیش از ساخت یک بندرگاه باید در منطقه مورد بررسی قرار گیرد، مسئله رسوب گذاری و فرسایش است چرا که بی‌توجهی به این امر موجب زیان‌های اقتصادی برای کشور و همچنین کاهش طول عمر بندر می‌شود. به عنوان مثال نایده گرفتن این امر موجب می‌شودکه در حین بهره برداری از بندر هزینه‌های مربوط به لایروبی را متقبل شویم که در صورت حجیم بودن می‌تواند به عنوان هزینه‌های پیش‌بینی نشده محسوب شود(شکل ۱-۱) نمونه ای از رسوب گذاری شدید در بندر صیادی لاور را نشان می‌دهد.

تغییر خطوط ساحلی به صورت پیشروی یا عقب نشینی، آبشستگی در پای سازه‌های دریایی، ورود رسوبات به درون سازه‌های دریایی و شکست خطوط لوله‌های دور از ساحل از دیگر اثرات رسوبگذاری و فرسایش در مناطق ساحلی می‌باشند. برای جانمایی بنادر و سازه‌های دریایی باید چگونگی حرکت رسوبات، نرخ انتقال رسوب، جهت رسوبگذاری و فرسایش و ... آن منطقه مشخص شده و بر این اساس

الگوی اجرای موج شکن، جتی[1] و یا گروین‌ها[2] را به گونه‌ای ارائه داد تا بتوان با کمترین هزینه به بهترین طرح اقتصادی دست یافت.

انتقال رسوب شامل گستره وسیعی از ذرات چه از لحاظ چسبندگی وچه از لحاظ اندازه ذرات می باشد.این انتقال می تواند هم موضعی و محلی باشد ویا درابعاد بسیار بزرگ در طول ساحل با نرخ صد ها هزار متر مکعب رخ دهد. انتقال رسوب در بسیاری از جنبه های مهندسی سواحل نقش ایفا می کند. من جمله حرکت ماسه را می توان دراحداث بنادر مقرون به صرفه از لحاظ اقتصادی (هزینه های لایروبی)، احداث نیروگاه های ساحلی و پالایشگاه، حفاظت در برابر سیلاب های ساحلی، نابودی یا بهبودی سواحل تفریحی، امنیت سکو ها و لوله های دور از ساحل مد نظر قرار داد. تخمین مقدار انتقال رسوب و پیش بینی تغییر شکل ساحل در آینده با توجه به ارزش مناطقی که احتمال دارد در اثر فرسایش از دستد داده شوند نیز اهمیت پیدا می‌کند.

انتقال رسوب ارتباط بین آب و ذرات رسوب را مورد بررسی قرار می دهد لذا درک خصوصیات فیزیکی آب و رسوب به منظور بررسی انتقال رسوب ضروری است. از این رو به بیان پارامتر های موثر آب و ماسه‌ها در فرایند انتقال رسوب خواهیم پرداخت.

[1] jetty
[2] groin

شکل ۱-۱: رسوب گذاری در ورودی بندر صیادی لاور

۱-۲- کلیات رسوب

خواص مختلفی از رسوبات در مهندسی سواحل اهمیت پیدا می کنند، که اکثر این خصوصیات را می توان در سه گروه تقسیم بندی کرد:

- اندازه ذرات رسوب
- ترکیبات تشکیل دهنده ذرات
- خواص توده رسوب

در بعضی موارد مانند رس وابستگی زیادی بین این سه طبقه بندی وجود دارد. ذرات رس به لحاظ ترکیبی ماده‌ای معدنی است که مولکول های آن به شکل صفحه ای طوری قرار دارند که المان‌های

سیلیکون، اکسیژن، آلومینیوم و سایر المان‌ها کنار هم واقع شده اند. ذرات رس بسیار کوچک و صفحه ای شکل هستند. از آنجایی که رس‌ها منشا شیمیایی دارند لذا مواد معدنی مقاومت کافی جهت باقی ماندن در ابعاد بزرگتر را ندارند. به دلیل اینکه ذرات رس کوچک هستند سطح بسیار بزرگی نسبت به حجمشان دارند. این سطوح به لحاظ شیمیایی بسیار فعال هستند به خصوص هنگامی که تر باشند، درگیری سطوح رس باعث ایجاد خواص چسبندگی و پلاستیک در حالت توده رس می شود.

توصیفات بالا علی‌رغم نشان دادن دسته بندی‌های متفاوت در خاک رسی ویژگی‌های یکسانی را توصیف می‌کنند.

با این حال اکثر ذرات سواحل ماسه ای از کوارتز می باشد که که ساده تر و خنثی تر نسبت به رس هستند. از نظر طبقه بندی اندازه زمین شناسی ذرات ماسه حداقل ۱۶ برابر و حتی ۵۰۰ برابر بزرگتر از بزرگترین ذرات رس هستند. در این محدوده ابعاد، نیروی جاذبه وارد بر ماسه اثر سطح را به نسبت بی‌تاثیر می کند. بنابراین اثر سطح ماسه بسیار کمتر از رس خواهد بود. به دلیل این که ذرات ماسه به هم نمی چسبند نمی توان مشتی از آن را مانند رس برداشت. جدول زیر تفاوت های بین رس و ماسه را به اختصار بیان می کند.

نوع	ترکیب شیمیایی	سایز	خواص توده
رس	صفحات سیلیکاتی	کوچک تر از۰.۰۰۳۹میلیمتر	چسبنده-پلاستیک نفوذناپذیر
ماسه	کوارتز	بین ۲ و ۰.۰۶۲۵ میلیمتر	غیر چسبنده-نفوذ پذیر

جدول ۱-۱: مقایسه رس وماسه

۱–۳–نحوه تاثیر ویژگی رسوب بر مهندسی سواحل

ویژگی‌های رسوباتی که در سایت موجود هستند و یا ممکن است منتقل شوند اثر مهمی بر پروژه خواهند گذاشت. به طور کلی، این خصوصیات در موارد زیر اهمیت پیدا می کند:

- لایروبی
- مسائل محیط زیستی
- ساحل سازی
- حفاظت از ساحل
- مطالعات انتقال رسوب

که در این تحقیق می‌خواهیم نرخ انتقال رسوب را مورد بررسی قرار دهیم.

به لحاظ فیزیکی، فرآیند انتقال رسوب توسط آب به طور دقیقی تعیین نشده است. این امر شاید یکی از دلایل وجود روابط بسیار زیاد و گاهاً متناقض در انتقال رسوب باشد. این روابط معمولا تابع خصوصیات آب و جریان و رسوب می‌باشند.

یکی از روشهای معمول مطالعه انتقال رسوب دنبال کردن یک ذره مشخص شده[1] (رنگ) در محیط نزدیک ساحل می‌باشد.

[1] Traced particle

۱-۴-انواع بار رسوبی

ذراتی که توسط جریان در حال جا به جا شدن هستند را بار رسوبی می‌نامند. ذرات یا بار رسوبی با توجه به ابعاد ذرات و شرایط حاکم بر جریان معمولا به سه بخش جدا گانه تقسیم می شوند که در آنها شیوه انتقال رسوب متفاوت است. این سه دسته عبارتند از: بار شسته[۱]، بار معلق[۲] و بار بستر[۳].

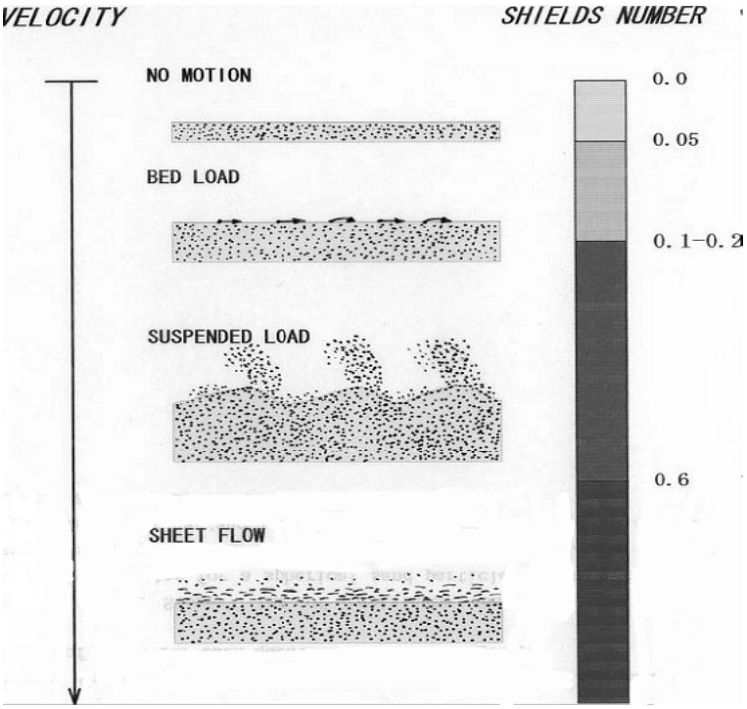
بار شسته: از ذرات بسیار ریز رسوب تشکیل می شود که توسط آب جا به جا می شوند و منشا آن فاصله زیادی با منطقه مطالعه دارد. این ذرات در بستر ته نشین نمی شوند و به همین دلیل با بررسی و اندازه گیری رسوب بستر نمی توان میزان انتقال بار شسته را تعیین کرد.

بار معلق: رسوب بالای بستر توسط جریان گردابی آب جا به جا می شود.

بار بستر: رسوب نزدیک بستر با غلطیدن و سر خوردن جا به جا می شود.

بار شسته در اندازه گیری بار کل محاسبه نمی‌شود. تفکیک مقدار بار معلق از بار بستر کاملا مشخص نیست.در مورد درصد مشارکت هر بخش در بار کل بحث وجود دارد. بنابر این بارکل مجموع بار بستر و بار معلق خواهد بود. به علت ساده تر بودن محاسبه بار معلق بیشتر انتقال بار معلق مورد بررسی قرار گرفته است.

[1] Washed sediment
[2] Suspended sediment
[3] Bed load sesiment



شکل ۱-۲: مد های انتقال رسوب

۱-۵- راه های انتقال رسوب

تحت جریان دائمی و بستر حاوی رسوبات غیر چسبنده جابه جایی رسوب را خواهیم داشت که خود در دو جهت بر ساحل عمل می کند. امواج مایلی که به ساحل می رسند در دو جهت عمود بر ساحل[1] و موازی ساحل[2] رسوبات را جا به جا می کنند.

۱-۵-۱- انتقال رسوب عمود بر ساحل

این انتقال رسوب به گونه ای است که در تابستان رسوب را به سمت ساحل برده ودر زمستان به علت امواج بزرگتر رسوب را به سمت دریا بر می گرداند. به علت اینکه این امر همه ساله تکرار می شود و

[1] Crossshore sediment transport
[2] Longshore seiment trasport