بسم الله الرحمن الرحيم

پایان نامه کارشناسی ارشد

گرایش سازه های دریایی

مدلسازی دو بعدی رسوبگذاری و انتقال رسوبات درون بنادر و تعیین پارامترهای هندسی بهینه برای جانمایی بنادر و کانالهای دسترسی در خورها

استاد راهنما : دکترکورش حجازی

نگارنده : سید معین مجابی

شماره دانشجویی:۸۷۰۳۹۵۴

مهر ۱۳۹۰

اظهار نامه دانشجو

موضوع پایان نامه: مدلسازی دو بعدی رسوبگذاری و انتقال رسوبات درون بنادر و تعیین پارامترهای هندسی بهینه برای جانمایی بنادر و کانالهای دسترسی در خورها
استاد راهنما: دکتر کورش حجازی

نام دانشجو: سید معین مجابی

شماره دانشجویی: ۸۷۰۳۹۵۴

اینجانب سید معین مجابی دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش سازه های دریایی دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی گواهی می نمایم که تحقیقات ارایه شده در این پایان نامه توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تایید می باشد، و در موارد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می نمایم که مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارایه نشده است و در تدوین متن پایان نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده ام.

امضاء

دانشجو:

تاریخ:

فرم حق طبع و نشر و مالکیت نتایج

۱- حق چاپ و تکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده آن می باشد. هر گونه کپی برداری بصورت کل پایان نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می باشد.

۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگزاری نیست.

همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

راهنمایی استاد گرامی را در انجام این تحقیق ارج می نهم و از ایشان سپاسگزارم

چکیده

رسوب گذاری همواره یکی از مشکلات اصلی بنادر بوده و موجب اختلال در رفت و آمد شناور ها و تحمیل هزینه های سنگین لایروبی به بندر میشود، بنابر این طراحی بندر به گونه ای که رسوب گذاری کمتری در آن رخ دهد همواره یکی از ملاحظات اصلی طراحی و جانمایی بنادر بوده است. رسوب گذاری و انتقال رسوبات در بنادر تحت تاثیر موج و جریان صورت می پذیرد و موج و جریان درون بندر نیز تا حد زیادی از شکل هندسی بندر تاثیر می پذیرد، در نتیجه شکل هندسی بندر تاثیر قابل ملاحظه ای بر الگوی موج و جریان درون بندر دارد. مطالعات پیشین در ارتباط با تاثیر شکل هندسی بندر بر رسوبگذاری عمدتا آزمایشگاهی بوده و معیار های کلی برای طراحی بندر به گونه ای که منجر به کاهش رسوب گذاری گردد ارایه نمی کنند. در این مطالعه تلاش شده تا با استفاده از انعطاف پذیری مدلهای عددی، تاثیر تعدا زیادی از هندسه های متفاوت روی رسوبگذاری بررسی شده و نتایج جامع تری ارایه شود.در این راستا، یک مدل عددی دو بعدی میانگین گیری شده در عمق توسعه داده شده و پس از صحت سنجی مدل، هندسه های متفاوت بندر در آن آزمایش شده تا تاثیر شکل هندسی بندر بر روند انتقال رسوبات و حجم رسوب گذاری مربوط به هر هندسه بررسی شود. در پایان با مقایسه نتایج بدست آمده برای هندسه های متفاوت تلاش شده تا معیار های کلی برای پارامترهای هندسی بندر که منجر به کاهش رسوبگذاری می شود ارایه شود.

فهرست مطالب

۱-فصل اول: مقدمه **۱**

۲-فصل دوم: مرور ادبیات فنی **۴**

۲-۱- تاثیر شکل هندسی بندر **۴**

۲-۱-۱- مقدمه ۴

۲-۱-۲ عوامل موثر روی رسوب گذاری و انتقال رسوب درون بنادر ۵

۲-۱-۳- تاثیر شکل هندسی بندر روی تبادل افقی ۱۰

۲-۱-۴- تاثیر شکل هندسی بندر روی جریانات ناشی از چگالی ۱۱

۲-۱-۵- تاثیر جانمایی موج شکن بر روی رسوب گذاری در بنادر ۱۲

۲-۲- جانمایی کانال دسترسی **۱۵**

۲-۲-۱- مقدمه ۱۵

۲-۲-۲- تاثیر جانمایی کانال بر نرخ رسوب گذاری درون کانال ۱۵

۳-فصل سوم: انتقال رسوبات **۱۹**

۳-۱- مقدمه **۱۹**

۳-۲-مشخصات رسوبات **۲۰**

۳-۲-۱- اندازه دانه ها ۲۰

۳-۲-۲ تنش برشی بستر ۲۳

۳-۲-۳- آغاز حرکت رسوبات ۲۶

۳-۲-۴- حالتهای انتقال بار رسوبی ۲۷

۳-۲-۵- رسوبات چسبنده ۳۱

۴-فصل چهارم: معادلات حاکم **۳۷**

۴-۱- معادلات پیوستگی و حرکت سیال **۳۷**

۴-۲-نیرو های موثر در معادلات جریان **۴۱**

۴-۳-معادلات میانگین گیری شده در عمق ناویر- استوکس **۴۲**

۴-۴- آشفتگی **۴۴**

۴-۴-۱- جریانهای آشفته ۴۴
۴-۴-۲- معادلات آشفته ناویر- استوکس ۴۴
۴-۴-۳- مدل سازی آشفتگی ۴۶
۴-۴-۳-۲- طبقه بندی مدل های آشفتگی میانگین گیری شدهی زمانی ۴۸

۴-۵- معادلات انتقال و پخشیدگی ۵۱
۴-۵-۱- انتقال رسوبات تعادلی ۵۲

۴-۶- معادلات تغییر تراز بستر و انتقال بار بستر ۵۴
۴-۶-۱- انتقال رسوبات بستر در وضعیت تعادلی ۵۴
۴-۶-۲- انتقال رسوبات بستر در وضعیت غیر تعادلی ۵۵

۵-فصل پنجم: گسسته سازی معادلات حاکم ۵۷

۵-۱- مقدمه ۵۷

۵-۲- روش احجام محدود ۵۷
۵-۲-۱- روش احجام محدود دو بعدی ۵۸

۵-۳- تعریف شبکه و احجام کنترل مورد استفاده در مدل عددی ۵۹

۵-۴- گسسته سازی معادلات ۵۹
۵-۴-۱- گسسته سازی معادله ی پیوستگی و مومنتم در راستای x ۶۰
۵-۴-۲- گسسته سازی معادله ی اندازه حرکت در جهت Y ۶۳
۵-۴-۳- گسسته سازی معادله ی انتقال مواد محلول و معلق ۶۵
۵-۴-۴- گسسته سازی معادلات آشفتگی ۶۷
۵-۴-۵- گسسته سازی معادلات انتقال بار کف و تغییرات تراز بستر ۶۸

۵-۵- روش حل دستگاه معادلات جریان ۷۳

۵-۶- روش حل معادله ی انتقال مواد محلول و معلق و آشفتگی ۷۴

۶-فصل ششم: صحت سنجی مدل عددی توسعه داده شده ۷۶

۶-۱- جریان درون حوضچه مستطیلی ۷۶

۶-۲- جریان جزر و مدی در بندر مربع شکل ۷۷

۶-۳- جریان در حفره مربعی ۷۹

۶-۴- شکست سد روی یک بر آمدگی مستطیلی ۸۱

۶-۵- جریان روی یک بر آمدگی ۸۲
۶-۶- موج جزرو مدی در کانال مستطیلی با انتهای بسته ۸۲
۶-۷- تغییرات سطح آزاد آب ناشی از تنش سطحی باد ۸۳
۶-۸- حل معادله انتقال-پخشیدگی بدون عبارت چشمه ۸۴
۶-۹- حل معادله انتقال-پخشیدگی شامل عبارت چشمه ۸۵
۶-۱۰- مدلسازی غلظت رسوبات معلق روی بسترهای فرسایش پذیر ۸۷
۶-۱۱- مدلسازی انتقال رسوبات معلق روی بسترهای غیر قابل فرسایش ۸۸
۶-۱۲- بررسی عملکرد مدل در حفظ بقای جرم رسوبات معلق ۸۹
۶-۱۳- بررسی عملکرد مدل درجلوگیری از نوسانات ناخواسته درمحاسبه تغییرات بستر ۹۱
۶-۱۴- بررسی عملکرد مدل درپیش بینی تغییر شکل دوبعدی توده ماسه ۹۳
۶-۱۵- آزمایش جابجایی ترانش فون راین(۱۹۸۶) ۹۴
۶-۱۶- بررسی عملکرد مدل در حل معادلات غیر تعادلی انتقال بار بستر ۹۵
۶-۱۷- آزمایش جابجایی حفره مربعی ۹۸

۷-فصل هفتم: بررسی تاثیر شکل هندسی بندر بر رسوبگذاری ۱۰۰

۷-۱-بررسی تاثیر هندسه بندر بر رسوب گذاری ناشی از جزر و مد (سری الف) ۱۰۱
۷-۲-رسوب گذاری تحت تاثیر جریان موازی ساحل(سری ب) ۱۰۷

۸-فصل هشتم: نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۱۰

۹-منابع و مراجع ۱۱۲

فهرست اشکال

شکل(۲-۱)-تبادل افقی بین جریان و حوضچه ۸
شکل(۲-۲)-انتشار لایه جریان با چگالی کمتر در محیط با سیال با چگالی بیشتر ۹
شکل(۲-۳)-زاویه بندر نسبت به جریان ۱۰
شکل (۲-۴):پارامترهای جانمایی موج شکن و نواحی مورد ارزیابی ۱۳
شکا(۲-۶):موقعیتهای مختلف موج شکن ثانویه، ورودی حوضچه و مسیر جریانات ۱۴
شکل(۲-۷):انتقال رسوبات و رسوب گذاری در کانال ۱۶
شکل (۲-۷):بیان شماتیک پارامترهای هندسی کانال ۱۷
شکل(۲-۱)طبقه بندی دانه های رسوبی ۲۱
شکل(۲-۲)شمای تنشهای وارده به جزء سیال در جریان یکنواخت پایدار ۲۳
شکل(۲-۳)طرح شماتیک نیروهای موثر ۲۴
شکل(۲-۴): دیاگرام شیلدز که آستانه حرکت را بر اساس عدد رینولدز بیان میکند. ۲۷
شکل(۴-۱) پروفیل سطح آزاد آب و بستر ۴۲
شکل(۴-۲) طرح شماتیک انتقال رسوبات بستر ۵۴
شکل (۵-۳)کسسته سازی فضا توسط حجم کنترل ۵۸
شکل (۵-۵) آرایش متغیر ها وحجم کنترل معادله پیوستگی ۶۱
شکل (۵-۴) فرآیند محاسبه ترم غیر خطی Fx ۶۱
شکل (۵-۶) حجم کنترل مربوط به معادله مومنتن در راستای x ۶۲
شکل (۵-۶) حجم کنترل مربوط به معادله مومنتن در راستای y ۶۴
شکل (۵-۷) ترکیب شرایط مرزی گرناگون در ردیف های محاسباتی ۷۳
شکل (۶-۱)- مشخصات هندسی مدل آزمایشگاهی کانتوش و همکاران ۷۷
شکل (۶-۲) مقایسه ی نتایج بدست آمده از مدلسازی عددی و نتایج آزمایشگاهی ومدلسازی کانتوش و همکاران (۲۰۰۸) ۷۷
شکل(۶-۳) شمای آزمایش فالکونر ۷۸
شکل(۶-۶) شمای دامنه محاسباتی مدل عددی ۸۰
شکل (۶-۷-۱)- سرعت در راستای طولی در رستای محور y ۸۰
شکل(۶-۷-۲)- سرعت در راستای طولی در در رستای محور x ۸۰
شکل (۶-۸-۱)- سطح آزاد آب پس از ۱۵ ثانیه ۸۱
شکل (۶-۸-۲)- سطح آزاد آب پس از ۶۰ ثانیه ۸۱
شکل(۶-۹) سطح آزاد جریان روی بر آمدگی ۸۲
شکل(۶-۱۰)سرعت و سطح آزاد جریان جزر ومدی در وسط کانال ۸۳
شکل(۶-۱۱)تغییرات تراز سطح آزاد آبا ناشی از باد ۸۴

شکل(۶-۱۲)مقایسه حل تحلیلی ژوپو و حل عددی(کانتورهای رنگی نشانگر حل عددی و خطوط سیاه نشان دهنده حل تحلیلی هستند) ۸۵
شکل(۶-۱۳)مقایسه حل تحلیلی وکسلر و حل عددی(کانتورهای رنگی نشانگر حل عددی و خطوط سیاه نشان دهنده حل تحلیلی هستند) ۸۷
شکل(۶-۱۴) انطباق پروفیل رسوبات معلق با پروفیل تعادلی در جریان بدون غلظت اولیه معلق روی بستر فرسایش پذیر ۸۷
شکل(۶-۱۵)مقایسه نتایج مدل عددی و حا تحلیلی با تنایج آزمایشگاهی وانگ و ریبرنیک(۱۹۸۴) ۸۹
شکل(۶-۱۶-۱) بستر کانال در تست عددی تعادل جرم ۹۰
شکل(۶-۱۶-۲)دامنه محاسباتی تست عددی تعادل جرم ۹۰
شکل(۶-۱۷-۱)فرسایش و رسوبگذاری در واحد عرض کانال ۹۰
شکل(۶-۱۷-۱)غلظت رسوبات معلق در واحد عرض کانال ۹۰
شکل(۶-۱۸-۱)تغییر شکل توده ماسه پس از ۶۰۰ ثانیه (روش مرتبه پنجم لزوما غیر نوسانی) ۹۱
شکل(۶-۱۸-۲)تغییر شکل توده ماسه پس از ۲۰۰۰ ثانیه (روش مرتبه پنجم لزوما غیر نوسانی) ۹۲
شکل(۶-۱۸-۳)تغییر شکل توده ماسه پس از ۶۰۰۰ ثانیه (روش مرتبه پنجم لزوما غیر نوسانی) ۹۲
شکل(۶-۱۹-۱)تغییر شکل توده ماسه پس از ۶۰۰ ثانیه (روش مرتبه دوم تفاضلات مرکزی) ۹۲
شکل(۶-۱۹-۲)تغییر شکل توده ماسه پس از ۲۰۰۰ ثانیه (روش مرتبه دوم تفاضلات مرکزی) ۹۲
شکل(۶-۱۹-۳)تغییر شکل توده ماسه پس از ۶۰۰۰ ثانیه (روش مرتبه دوم تفاضلات مرکزی) ۹۳
شکل(۶-۲۰-۱)شمای سه بعدی توده ماسه پس از ۱۰۰ ساعت ۹۴
شکل(۶-۲۰-۲) انتشار شکل توده ماسه در طول ۱۰۰ ساعت ۹۴
شکل(۶-۲۱)شمای آزمایش جابجایی ترانش ۹۵
شکل(۶-۲۲)جابحایی ترانش پس از ۱۵ ساعت ۹۵
شکل(۶-۲۴)شمای مسئله بروکس ۹۷
شکل(۶-۲۳)دامنه محاسباتی و شرایط مرزی در انتقال جبهه ناپیوسته ۹۷
شکل(۶-۲۵-۲)مقایسه نتایج عددی و حل تحلیلی درانتقال جبهه ناپیوسته در راستای خط $x = 0.5$ ۹۷
شکل(۶-۲۵-۱)نتقال جبهه ناپیوسته ۹۷
شکل(۶-۲۵)مقایسه نتایج مدل عددی و حل تحلیلی در مسئله بروکس(خطوط سیاه حل تحلیلی و کانتورها حل عددی رانشان می دهند) ۹۸
شکل(۶-۲۶)مقایسه نتایج مدل عددی واندازه گیری های آزمایشگاهی درجابجایی حفره مربعی با استفاده از مدل غیر تعادلی و تاثیر طول انطباق بر تنایج ۹۹
شکل(۷-۱) شمای مدل عددی بندر ۱۰۱
شکل(۷-۲):تاثیر محل ورودی بندر روی رسوب گذاری ۱۰۲
شکل(۷-۳-۱)الگوی رسوب گذاری $x = 360mm$ ۱۰۲
شکل(۷-۳-۲):الگوی رسوب گذاری $x = 600mm$ ۱۰۲
شکل(۷-۳-۱):الگوی رسوب گذاری $x = 120mm$ ۱۰۲
شکل(۷-۳-۴):الگوی رسوب گذاری $x = 480mm$ ۱۰۳

شکل(۷-۳-۳):الگوی رسوب گذاری $x = 240mm$ ۱۰۳
شکل(۷-۴):تاثیر محل ورودی بندر روی رسوب گذاری ۱۰۳
شکل(۷-۵-۲):الگوی رسوب گذاری $W = 240mm$ ۱۰۴
شکل(۷-۵-۱):الگوی رسوب گذاری $W = 120mm$ ۱۰۴
شکل(۷-۵-۴):الگوی رسوب گذاری $W = 540mm$ ۱۰۵
شکل(۷-۵-۳):الگوی رسوب گذاری $W = 420mm$ ۱۰۵
شکل(۷-۶):الگوی رسوب گذاری $W = 540mm$ ۱۰۵
شکل(۷-۷-۲)الگوی رسوب گذاری $L/B = 4$ ۱۰۶
شکل(۷-۷-۱)الگوی رسوب گذاری $L/B = 0.25$ ۱۰۶
شکل(۷-۷-۴)الگوی رسوب گذاری $L/B = 2.72$ ۱۰۶
شکل(۷-۷-۳)الگوی رسوب گذاری $L/B = 0.37$ ۱۰۶
شکل(۷-۷-۴)الگوی رسوب گذاری $L/B = 1.78$ ۱۰۶
شکل(۷-۷-۳)الگوی رسوب گذاری $L/B = 0.5625$ ۱۰۶
شکل(۷-۸) شمای مدل عددی شبیه سازی های سری ب ۱۰۷
شکل(۷-۹) تاثیر عرض دهانه ورودی در گوشه بالا دست بر رسوب گذاری ۱۰۸
شکل(۷-۱۰) تاثیر عرض دهانه ورودی مرکزی بر رسوب گذاری ۱۰۸
شکل(۷-۱۱) تاثیر عرض دهانه ورودی در گوشه پایین دست بر رسوب گذاری ۱۰۹
شکل(۷-۱۲) تاثیر محل دهانه ورودی روی رسوب گذاری ۱۰۹

فهرست جداول

جدول(۳-۱):سرعت سقوط رسوبات غیر چسبنده ۲۲

جدول(۳-۲):روابط محاسبه انتقال بار بستر ۲۸

جدول(۴-۱):ثابت های به کار رفته در مدل $k-\varepsilon$، ردی(۱۹۹۳) ۵۰

جدول (۵-۱) دستگاه معادلات در هریک از شرایط مرزی ۷۴

جدول (۶-۱)- مشخصات هیدرولیکی جریان و رسوبات استفاده شده در آزمایش ۷۷

جدول (۶-۲)- مشخصات هیدرولیکی آزمایش فالکونر و نیس ۷۸

جدول(۶-۳): پارامترهای مدلسازی آزمایش لانجدون ۸۰

جدول(۶-۴): پارامترهای مدلسازی شکست سد روی بر آمدی مستطیلی ۸۱

جدول (۶-۵)پارامترهای مدلسازی جریان روی برآمدگی ۸۲

جدول (۶-۶) پارامترهای مدلسازی موج جزر و مدی در کانال با انتهای بسته ۸۳

جدول (۶-۷) پارامترهای مدلسازی تغییرات سطح آزاد آب ناشی از تنش باد ۸۴

جدول (۶-۸):پارامترهای مدلسازی انتقال-پخشیدگی (ژوپو ۱۹۹۷) ۸۵

جدول (۶-۹): پارامترهای مدلسازی انتقال-پخشیدگی (وکسلر، ۱۹۹۲) ۸۶

جدول(۶-۱۲)- پارامترهای مدلسازی آزمایش فون راین(۱۹۸۶) ۸۸

جدول(۶-۱۱)- پارامترهای مدلسازی آزمایش وانگ و ریبرنیک(۱۹۸۸) ۸۹

جدول (۶-۱۲)- پارامترهای مدلسازی تست بقای جرم ۹۰

جدول (۶-۱۳)-نتایج مدلسازی عددی بقای جرم ۹۰

جدول (۶-۱۴)-پارامترهای مدل سازی توده ماسه ای ۹۱

جدول (۶-۱۵)-پارامترهایتغییر شکل دوبعدی توده ماسه ای ۹۴

جدول (۶-۱۶)-پارامترهای مدلسازی جابجایی ترانش ۹۵

جدول (۶-۱۷)-پارامترهای مدلسازی جابجایی حفره مربعی ۹۸

جدول(۷-۱) پارامتر های شبیه سازی های سری الف ۱۰۱

جدول(۷-۲) پارامتر های شبیه سازی های سری ب ۱۰۷

فصل اول: مقدمه

یکی از مشکلات عمده‌ای که بنادر[۱] و کانال‌های کشتی‌رانی[۲] از گذشته تا به امروز با آن روبرو بوده‌اند پدیده رسوب گذاری[۳] و لای‌زایی[۴] است. رسوب گذاری در بنادر و کانال دسترسی[۵] موجب بروز پدیده کم عمقی[۶] می‌شود. کم عمق شدن بندر و کانال دسترسی در عبور و مرور شناورها به ویژه شناورهای با تناژ بالا اختلال ایجاد کرده و حتی موجب غیر قابل استفاده شدن بندر می‌شود. برای رفع این مشکل سالانه هزینه-های هنگفتی صرف لایروبی بنادر می‌گردد. هزینه‌های لایروبی بنادر بخش عمده هزینه‌های مربوط به نگهداری[۷] بنادر را تشکیل می‌دهند. بنابراین، اقتصادی بودن بهره‌برداری از یک بندر وابسته به حجم سالانه رسوب گذاری درون بندر و کانال دسترسی و هزینه های لایروبی است. نرخ رسوب گذاری درون بنادر و کانال دسترسی علاوه بر ویژگی‌های رسوبات و موج و جریان حاکم در منطقه به هندسه[۸] و جانمایی[۹] بندر و کانال دسترسی نیز وابسته است. برای بررسی کیفی و کمّی پدیده رسوب گذاری درون بنادر و کانال‌های دسترسی از مدل‌های عددی[۱۰] و مدل‌های فیزیکی استفاده می‌شود. در مقایسه با مدل‌های فیزیکی، مدل‌های عددی کم هزینه‌تر بوده و کاربرد آن‌ها آسان‌تر می باشند، در نتیجه استفاده از آن‌ها متداول‌تر است.

---

[1] Harbors
[2] Navigation
[3] Sedimentation
[4] Siltation
[5] Access channel
[6] Shoaling
[7] Maintenance
[8] Geometry
[9] Layout
[10] Numerical models

بنا بر آنچه بیان شد، رسیدن به درک عمیق تر از ناثیر شکل هندسی بندر بر رسوب گذاری و انتقال رسوبات درون بندر ضروری به نظر می رسد. در سالهای اخیر محققان زیادی در ارتباط با رسوب گذاری و انتقال رسوبات درون بنادر مطالعه کرده اند. ین و همکاران (۲۰۰۱) یک مطالعه آزمایشگاهی روی تاثیر شکل هندسی بندر روی تخلیه و انتقال رسوبات انجام دادند. وینتر ورپ (۲۰۰۵) یک جمع بندی از مکانیزمهای انتقال رسوبات در بنادر و معیارهای کاهش رسوب گذاری ارایه کرد. کوایجپر و همکاران (۲۰۰۵)، مطالعه ای روی تاثیر شکل هندسی بندر بر رسوب گذاری درون بندر و کاربرد دیواره انحراف جریان به عنوان یک نمونه اصلاح هندسی در دهانه بندر برای کاهش رسوب گذاری انجام دادند. یوکسک (۱۹۹۵) یک مطالعه آزمایشگاهی در ارتباط با تاثیر جانمای موج شکن روی انتقال رسوبات و رسوب گذاری درون بندر انجام داد و نتایج خود را به صورت تاثیر پارامتر های بی بعد شده هندسی جانمایی موج شکن ها بر رسوب گذاری و انتقال رسوبات درون بنادر بیان کرد.

به جهت دشواری و هزینه زیاد انجام مطالعه آزمایشگاهی در مورد تاثیر شکلهای هندسی مختلف بندر روی رسوب گذاری و انتقال رسوبات با استفاده از تعداد زیاد نمونه آزمایشگاهی بندر با هندسه های مختلف، در این مطالعه از مدلسازی عددی استفاده شده است. دز این مطالعه بر خلاف مطالعات پیشین سعی شده تا با استفاده از قابلیت مدل عددی برای مدلسازی آسان هندسه های متفاوت، تعداد زیادی بندر با هندسه های متفاوت در مدل آزمایش شود تا با استفاده از نتایج به دست آمده معیار های هندسی جامع تری در بندر ها برای کاهش رسوب گذاری بیان شود.

در این پژوهش یک مدل عددی دو بعدی میانگین گیری شده در عمق مرتبه اول با افزودن مدول های انتقال رسوب، آشفتگی و استفاده از روشهای با دقت بالای گسسته سازی توسعه داده شده و جهت تحقیق روی تاثیر شکل هندسی بر حجم و الگوی رسوب گذاری در حوضچه بندر مورد استفاده قرار گرفته است.

در این مطالعه پس از توسعه و صحت سنجی مدل عددی با ستفاده از نتایج آزمایشگاهی و حل های تحلیلی، هندسه های مختلف یک بندر در مدل مورد آزمایش قرار گرفته و تغییرات حجم رسوب گذاری نسبت به پارامتر های بی بعد شده شکل هندسی مورد بررسی قرار گرفته است.

در این مطالعه رسوب گذاری در حوضچه بندر تحت تاثیر جریان جانبی و جریان جزر و مدی تحت تاثیر تغییر پارامترهای هندسی نسبت طول به عرض، عرض دهانه و موقعیت دهانه بندر مورد بررسی قررا گرفته است.

در ادامه معادلات حاکم بر جریان بیان خواهند شد و فرآیند انتقال رسوب مورد بررسی قرار خواهد گرفت. و پس از توسعه مدل عددی بر مبنای معادلات حاکم،به صحت سنجی مدل پرداخته و در انتها تاثیر هندسه بندر بر رسوب گذاری را بررسی می کنیم..

فصل دوم: مرور ادبیات فنی

۲-۱- تاثیر شکل هندسی بندر

۲-۱-۱- مقدمه

امروزه یکی از مهمترین پارامترهای مورد نظر در طراحی بنادر، علاوه بر الزامات ناوبری[1] مسئله انتقال رسوبات و رسوب گذاری[2] درون بنادر است. اهمیت این مسئله به این علت است که رسوب گذاری درون بنادر موجب کم‌عمق شدن[3] حوضچه بندر و کانال دسترسی[4] شده و سبب اختلال در عبور و مرور شناورها و صرف مبالغ هنگفت جهت لایروبی می‌شود. روند انتقال رسوبات و رسوب گذاری در بنادر و نواحی ساحلی به وسیله

[1] Navigation requirements
[2] Sedimentation
[3] Shoaling
[4] Access channel

روش‌هایی چون عکس‌برداری هوایی[1]، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، بررسی تغییرات توپوگرافی بستر دریا و ردیابی مسیر حرکت ماسه‌های رنگ شده[2] صورت می‌گیرد. در فرآیند انتقال رسوبات و رسوب گذاری درون بنادر علاوه بر الگوی موج و جریان در ناحیه‌ای که بندر در آن واقع شده است، شکل هندسی بندر نیز موثر است. در حقیقت پارامترهای هندسی بندر روی الگوی موج و جریان درون بنادر تاثیرگذار است. میزان پارامترهای هندسی بنادر که توسط طراح قابل تعیین و تغییراست زیاد نیست و در بیشتر موارد این پارامترها توسط ملاحظات اقتصادی و ناوبری تعیین می‌شوند. برای مثال عرض و عمق ورودی بندر با توجه به ملاحظات ناوبری و مساحت بندر با توجه به ملاحظات اقتصادی و تعداد کشتی‌هایی که باید در بندر پهلو بگیرند تعیین می‌شود.

در روش‌های تحلیل موجود پارامترهای هندسی مرتبط با رسوب گذاری و انتقال رسوب در بنادر به صورت بدون بعد بیان می‌شود. در فرآیند طراحی بندر برای بررسی اثر پارامترهای هندسی بر روی انتقال رسوب و رسوب گذاری از مدل‌های هیدرولیکی و عددی استفاده می‌شود. در ادامه فصل به عوامل انتقال رسوبات و رسوب گذاری درون بنادر و تاثیر پارامترهای هندسی بندر بر روی آن‌ها پرداخته می‌شود.

۲-۱-۲- عوامل موثر روی رسوب گذاری و انتقال رسوب درون بنادر

۲-۱-۲-۱- مقدمه

در همه بنادر بسته به محل احداث آن‌ها جریان تبادل آب[3] میان بندر و آب‌های پیرامون آن وجود دارد. این جریان تبادلی از مجموعه جریان‌های جزر و مدی[4]، تبادل افقی[5] و جریان‌های ناشی از چگالی[6] تشکیل شده است. وجود این جریان تبادلی موجب انتقال رسوبات به درون بندر می‌شود و رسوب گذاری در بندر به وقوع می‌پیوندد که نرخ آن به طور ساده از رابطه (۲-۱) محاسبه می‌شود؛(وینتر ورپ،۲۰۰۵).

[1] Aerial Photography
[2] Fluorescent sand
[3] Water exchange flow
[4] Tidal currents
[5] Horizontal exchange
[6] Density driven currents

$$F_s = P \times C_a \times Q \qquad (۱-۲)$$

در رابطه(۲-۱) ، $F_S(m^3/s)$ نرخ رسوبگذاری، P احتمال به تله افتادن رسوبات، C_a ضریب تبادل و $Q(m^3/s)$ نرخ تبادل آب میان حوضچه و محیط می باشد.

شکل هندسی بندر از یک سو روی نرخ تبادل آب میان حوضچه و محیط و از سوی دیگر روی الگوی جریان درون بنادر تاثیر می‌گذارد. احداث موج شکن نیز علاوه بر بر هم زدن تعادل ساحل که در طول زمان به دست آمده، الگوی موج و جریان درون لنگرگاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در ادامه فصل به شرح عوامل فوق و ارتباط آن‌ها با شکل هندسی بندر پرداخته می‌شود.

۲-۱-۲-۲- جریان‌های جزر و مدی

در اثر تغییرات سطح آب درون بندر ناشی از جزر و مد، جریانهای بزرگی در دهانه بندر ایجاد می شود. به دلیل طول موج بلند (از مرتبه ۱۰۰ کیلومتر) در مقایسه با عمق (از مرتبه متر) سرعت انتشار چنین جریانی، برابر سرعت موج بلند در آب کم عمق است.

$$C = \sqrt{gd} \qquad (۲-۲)$$

درمعادله (۲-۲)، $C(m/s)$ سرعت انتشار جریان, $g(m^2/s)$ شتاب گرانش و $d(m)$ عمق آب می باشد.

بالا رفتن سطح آب در دریا موجب ایجاد جریان درون سو[1] به درون حوضچه بندر شده که آب گرفتگی[2] نامیده می‌شود و سطح آب درون حوضچه را نیز بالا می‌برد. به طور عکس پایین رفتن سطح آب در دریا موجب جریان برونسو[3] در ورودی حوضچه شده که جریان فرونشینی[4] نامیده شده و موجب پایین آمدن سطح آب در حوضچه می‌شود. میزان پتانسیل انتقال رسوبات توسط جریانات جزر و مدی به درون حوضچه را می‌توان از رابطه بگنولد (۱۹۶۷)، اصلاح شده توسط گاد و همکاران (۱۹۸۷)، محاسبه کرد، رابطه(۲-۳).

$$Q_t = \beta(U_{100} - U_{100c})^3 \qquad (۳-۲)$$

[1] Inflow
[2] flood
[3] Out flow
[4] Ebb

درمعادله (۲-۳)، $Q_t(m^3/s)$ نرخ انتقال رسوبات، $U_{100}(m/s)$ سرعت جریان ۱ متر بالاتر از بستر، $U_{100C}(m/s)$ سرعت بحرانی ۱ متر بالاتر از سطح بستر و β ثابت تجربی (برای همه اندازه دانه های مختلف برابر $1.73\times10^{-5} gs^2cm^{-4}$ است) .

در اثر ورود یا خروج جریانات جزر و مدی، وابسته به هندسه بندر و شدت جریانات جزر و مدی یک یا چند گردابه[1] در حوضچه شکل می‌گیرد که وابسته به زمان هستند و در فرآیند تخلیه رسوبات و رسوب گذاری درون حوضچه نقش مهمی را ایفا می‌کنند. جیانگ و فالکونر(۱۹۸۳,۱۹۸۵) تحقیقاتی را روی تاثیر جزر و مد بر روی ویژگی‌های تبادل آب حوضچه انجام دادند .به علاوه، نیس و فالکونر (۱۹۸۹) نیز مطالعاتی در مورد سرعت متوسط گیری شده در عمق ناشی از جزر و مد در بنادر انجام دادند.

در حوضچه بنادر به دلیل اینکه طول حوضچه در مقایسه با طول موج جزر و مدی[2] ناچیز است، سطح آب درون حوضچه و سطح آب دریا هنگام تغییرات جزر ومدی اختلاف فاز ندارند. در زمان حداکثر سطح آب در دریا سطح آب حوضچه نیز به حداکثر خود رسیده است و در این لحظه شروع به پایین آمدن می‌کند، این وضعیت، حالت سکون حداکثر[3] نامیده می‌شود. تفاضل سطح آب حداکثر و حداقل درون حوضچه ضرب در مساحت کف حوضچه حجم آبی را مشخص می‌کند که در نصف چرخه جزر و مدی از ورودی حوضچه عبور می‌کند و منشور جزر و مدی[4] نامیده می‌شود.

۲-۱-۲-۳- تبادل افقی

همان‌طور که پیشتر بیان شد درک فرایند انتقال رسوبات نیازمند وجود درک صحیحی از هیدرودینامیک محلی است. فرآیند تبادل افقی ناشی از اختلاف سرعت جریان در امتداد ورودی بندر و آب درون حوضچه بندر است. جریان در گوشه بالادست از حوضچه جدا شده و یک لایه اختلاط آشفته میان حوضچه بندر و جریان شکل می‌گیرد که گوشه پایین دست را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد. در اثر سرعت

[1] eddy
[2] Tidal wave length
[3] High water slack tide
[4] Tidal prism