بسم ا... الرحمن الرحيم

١٠٢٢٦١

دانشگاه هرمزگان

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران – سازه های دریایی

عنوان پایان نامه :

مدل یکبعدی مرفولوژی ساحل

استاد راهنما :

دکتر علی اصغر گلشنی

دانشجو :

سیدناصر عباسی

تاریخ : بهمن ۱۳۸۶

۱۳۸۷/۲/۱۷

۱۰۲۲۶۱

بـر خـود لازم میـدانم کـه از کلیـه دوسـتان و اسـاتید محتـرم منجملـه جنـاب آقـای دکتـر گلشـنی اسـتاد محتـرم راهنمـا ،کـه در راه بـه ثمـر رسـاندن پایـان نامـه ایـن جانـب تـلاش بـی شـائبه ای نمودنـد ، جنـاب آقـای دکتـر کمـالی مـدیریت محتـرم گـروه عمـران دانشـگاه هرمزگـان کـه در مسـیر ایـن پایـان نامـه تلاشـهای زیـادی را انجـام دادنـد ، دانشـگاه هرمزگـان ، مرکـز ملـی اقیـانوس شناسـی کـه دیتاهـا و مشخصـات امـواج مـورد نظـر را در اختیـار اینجانـب قـرار داده ، جنـاب آقـای مهنـدس سـیار کـه در بـه ثمـر رسـاندن ایـن پایـان نامـه کمـک هـای زیـادی را بخصـوص در زمینـه ترجمـه بـه ایـن جانـب ارائـه نمودانـد و همسـر گـرامیم کـه در ایـن مـدت بـا صـبر و حوصـله مشـکلات را تحمـل نمـوده و در زمینـه تایـپ و ویـرایش همکـار مـن بودنـد. تشـکر و قـدردانی نمـایم کـه بـدون هـر کـدام عمـلاً ایـن مسـیر دشـوار امکـان پذیر نبود.

خلاصه پایان نامه

ریخت ساحل یکی از مباحث مهم در سازه های در یایی است . چرا که با بررسی وضعیت تغییرات ساحلی را در گذر زمان می توان پیش بینی کرد و تدابیر لازم را نسبت با آن اندیشید و از آسیب رسیدن به زمینها و سازه های ساحلی جلوگیری کرد. عوامل مختلفی مانند وضعیت طوفان، مشخصات موج ، وضعیت رسوبات ساحلی از نظر جنس و اندازه ، قرار گیری و چینش آبشکنها و ... در تغییرات ساحلی دخالت دارند. برای برسی این تغییرات یکی از روشها استفاده از مدلهای عددی است. مدلهای عددی می باشد. مدل یک بعدی ریخت شناسی ساحل بنیادی ترین ، ساده ترین و در بعضی مواقع قوی ترین روش برای بیان تغییرات ساحلی در گستره زمان است. در مدل یک بعدی دو اصل مهم وجود دارد ، جابجایی رسوبات در راستای طولی ساحل و جابجایی مقطع عرضی ساحل که با یک خط منحنی ثابت نشان داده می شود . دلیل نامگذاری مدل یکبعدی ریخت شناسی ساحل به این نام آن است که وضعیت جابجایی عرضی ساحل را می توان با یک خط ثابت نشا داد. از مدل یک بعدی می توان مدل دوخطی الی N خطی را نیز برای بررسی تغییرات ساحلی ارائه کرد که در نهایت منتج به مدلهای دو بعدی و سه بعدی می گردد . از جمله نکات مهمی که در اینجا وجود دارد وضعیت تغییرات ساحلی در اطراف آبشکنها است ، که تعداد آنها عامل مهمی در مبحث رسوب و فرسایش محسوب می شود . موضوعی که در اینجا مورد بررسی قرار می گیرد ، اجرای مدل یک بعدی ریخت شناسی ساحلی برای محدوده ای مابین (۲۷/۲۴ شمالی ،۵۲/۵۶ جنوبی تا ۲۶/۷۷ شمالی ، ۵۳/۳۷ جنوبی) از سواحل خلیج فارس، بر اساس مدل یک خطی و چند خطی و روابط مربوطه در این زمینه و مقایسه نتایج این روابط با یکدیگر است.

فهرست فصول

فصل اول - معادلات موج دوبعدی و مشخصات آن

۱-۱-مقدمه..... ۱
۱-۲- امواج ثقلی سطح..... ۱
۱-۳-تئوری موج با دامنه کوتاه..... ۳
۱-۴-طبقه بندی امواج..... ۹
۱-۵-سینماتیک و فشار موج..... ۱۱
۱-۶-انرژی ، توان و سرعت گروه..... ۱۲
۱-۷-امواج ایستا، انعکاس موج..... ۱۸
۱-۸-نیمرخ غیر متقارن و شکست موج..... ۲۲

فصل دوم - انکسار، تفرق وانعکاس موج

۲-۱-تبدیل سه بعدی امواج..... ۳۰
۲-۲-انکسار موج..... ۳۲
۲-۳-دستورالعمل ساخت منحنی های انکسار..... ۳۵
۲-۴-تفرق موج..... ۳۸
۲-۵-ترکیب انسکار و تفرق..... ۴۲

فصل سوم - جابجائی رسوبات

۳-۱-مقدمه..... ۴۶
۳-۲-دینامیک نیمرخ ساحل..... ۴۶
۳-۳-جابجایی عرضی..... ۴۹
۳-۴- تقویت سواحل تپه ماسه ای..... ۵۱
۳-۵-حفاظت..... ۵۲
۳-۶-جابجایی در طول ساحل..... ۵۳
۳-۷-توضیحات تکمیلی..... ۵۴
۳-۸-سواحل با رسوبات چسبنده..... ۵۶

فصل چهارم - جریانهای نزدیک ساحل

۴-۱-مقدمه..... ۵۹

۴-۲-مصالح تشکیل دهنده کرانه ساحلی..... ۶۲

۴-۳-ساحل..... ۶۴

۴-۴- جا بجایی عرضی رسوبات..... ۶۹

۴-۵-جابجایی طولی رسوبات..... ۷۲

۴-۶-مؤلفه طولی ساحلی توان موج..... ۷۳

۴-۷-جابجائی واقعی رسوبات در راستای طولی ساحل..... ۷۶

فصل پنجم - مدل یکبعدی ریخت شناسی ساحل

۵-۱- مقدمه..... ۷۸

۵-۲- معادلات مدل یکبعدی ریخت شناسی ساحل..... ۷۹

۵-۳- برآورد جابجایی رسوبات..... ۸۱

۵-۴- محاسبات مربوط به دگرگونی امواج..... ۸۳

۵-۵- روشهای تحلیلی ریخت شناسی ساحل..... ۸۶

۵-۶- روشهای عددی..... ۹۴

۵-۷- مدلN خطی ریخت شناسی ساحل..... ۱۰۰

۵-۸- مدل دوبعدی ریخت شناسی ساحل..... ۱۰۱

فصل ششم - تحقیقات میدانی و آزمایشگاهی

۶-۱-مقدمه..... ۱۰۳

۶-۲-ارزیابی های میدانی..... ۱۰۴

۶-۳-اندازه گیری های امواج ناشی از باد..... ۱۰۵

۶-۴-سایر اندازه گیری های هیدرودینامیکی..... ۱۰۹

۶-۵-شکل ساحل و فرآیندهای رسوبی..... ۱۱۴

فصل هفتم - آنالیز ونتایج

۷-۱- مقدمه..... ۱۲۴

۷-۲- وضعیت امواج در خلیج فارس..... ۱۲۵
۷-۳- مشخصات استفاده شده برای امواج و ساحل..... ۱۲۵
۷-۴-روش انجام کار..... ۱۲۷
۷-۵-اثبات فرمولهای محاسباتی..... ۱۳۱
۷-۶-روش دیگری برای محاسبات به صورت یک بعدی..... ۱۳۲
۷-۷-نتایج آنالیز..... ۱۳۶
۷-۸-نرم افزار لیت پک..... ۱۴۴
فهرست منابع و مراجع
..... ۱۴۶
پیوست اول
برنامه محاسبه تغییرات بین دو آبشکن عمود بر ساحل به روش Kamphuis برای گام زمانی بر حسب ساعت..... ۱۴۷
پیوست دوم
برنامه محاسبه تغییرات ساحلی برای موج شکن موازی ساحل (مد یک خطی) به روش Kamphuis برای گام زمانی بر حسب ساعت ۱۵۶
پیوست سوم
برنامه محاسبه تغییرات ساحلی برای موج شکن موازی ساحل (مدل چند خطی) به روش Kamphuis برای گام زمانی بر حسب سه ماه ۱۶۵

فهرست جداول

۱- جدول (۲-۱) – محاسبه ضریب تفرق برای موج شکن نیمه بینهایت..... ۴۵

فهرست اشکال

۱ - شکل (۱-۱) – تعریف پارامترهای سطح موج پیش رونده..... ۶

۲ - شکل (۱-۲) - شمای کلی مشخصات برای تعیین انرژی موج ۱۲

۳ – شکل (۱-۳) – رابطه بین ارتفاع بی بعد بر حسب عمق نسبی برای امواج دوبعدی..... ۱۶

۴ - شکل (۱-۴) – حرکت ذرات موج ایستا و پوش نیمرخ سطح ۲۰

۵ – شکل (۱-۵) – تعریف عبارت نیمرخ غیر متقارن موج ۲۱

۶ – شکل (۱-۶) – رده بندی شکست موج ۲۶

۷ - شکل (۱-۷) – ارتفاع بدون بعد شکست و رده بندی امواج بر حسب شیب بستر و تیزی آب ۲۷

۸ - شکل (۱-۸) – عمق بدون شکست برحسب شیب و تیزی شکست ۲۸

۹ – شکل (۱-۹) - مربوط به تعریف فاصله شیرجه ای شکست..... ۲۹

۱۰ - شکل (۲-۱) – شمای انکسار موج ۳۳

۱۱ – شکل (۲-۲) - شمای کلی برای بیان قانون Snell ۳۶

۱۲ – شکل (۲-۳) - انکسار موج روی ترازهای مستقیم و موازی بستر ۳۸

۱۳- شکل (۲-۴) - شمای بیان کننده تفرق موج در جان پناه موجشکن ۳۹

۱۴ - شکل (۲-۵) - مسیر تاج موج و مقادیر ضریب تفرق مربوط برای تاج موج برخوردی با جهت قائم ۴۱

۱۵ – شکل (۲-۶) - تفرق در جان پناه یک موج شکن با طول محدود ۴۲

۱۶ – شکل (۲-۷) – منحنی انکسارموج ۴۳

۱۷ – شکل (۴-۱) – سیرکولاسیون برای زوایای بزرگ موج وارده ۶۰

۱۸- شکل (۴-۲) – سیرکولاسیون برای زوایای کوچک موج وارده ۶۰

۱۹ – شکل (۴-۳) – دسته بندی اندازه دانه ها ۶۳

۲۰ – شکل (۴-۴) – پارامتر ساحلی A_p به صورت تابعی از اندازه دانه ها ۶۷

۲۱ – شکل (۴- ۵) - نیمرخ ساحلی و عمق بسته ۶۹

۲۲ – شکل (۴-۶) – پس رفت ساحلی و افزایش ارتفاع آب ۷۲

۲۳ – شکل (۴-۷) – تعمیم روابط Kamphuis (۱۹۹۱) ۷۶
۲۴ – شکل (۵-۱) – محورهای مختصات ۷۹
۲۵ – شکل (۵- ۲) – جابجایی رسوبات ۸۰
۲۶ – شکل (۵-۳) – روش محاسبه تغییرات ساحلی..... ۸۳
۲۷ – شکل (۵-۴) – تفرق – انکسار پشت آبشکن ۸۶
۲۸ – شکل (۵-۵) – مدل دوخطی..... ۸۹
۲۹ – شکل (۵-۶) – روش تحلیلی برای حالتی که آبشکن به طور کامل مانع عبور رسوبات می شود..... ۹۰
۳۰ – شکل (۵-۷) – تابع خطا ۹۲
۳۱ – شکل (۵-۸) – طول موثر ۹۳
۳۲ – شکل (۵-۹) – تقسیم خط ساحلی برای مدل یکبعدی (وقتی که خط ساحلی انحنای زیادی نداشته باشد)
..... ۹۶
۳۳ – شکل (۵-۱۰) – تقسیم خط ساحلی برای مدل یکبعدی (وقتی که خط ساحلی انحنای زیادی داشته باشد)
..... ۹۶
۳۴ – شکل (۵-۱۱) – مدل N خطی ریخت شناسی ساحل ۱۰۱
۳۵- شکل (۷-۱) – فاصله شیرجه ای شکست..... ۱۲۸
۳۶ – شکل (۷-۲) – توزیع عرضی دبی رسوبات طولی..... ۱۲۹
۳۷- شکل (۷-۳) –نیمرخ ساحلی و تقسیم بندی برای حالت چند خطی..... ۱۲۹
۳۷- شکل (۷-۴) – نحوه قرارگیری آبشکنها نسبت به ساحل..... ۱۲۹
۳۷- شکل (۷-۵) – نحوه قرارگیری موج شکن نسبت به ساحل..... ۱۳۰
۳۸ – شکل (۷-۶) – دیتاهای امواج براساس قسمت مشخص شده در نقشه..... ۱۳۰
۳۹ – شکل (۷-۷) – جابجایی عرضی نیمرخ ساحلی در حالت یکبعدی..... ۱۳۱
۴۰ – شکل (۷-۸) – المان بندی جایجایی عرضی در حالت یکبعدی (المان بندی افقی)..... ۱۳۲
۴۱- شکل (۷-۹) – المان بندی جایجایی عرضی در حالت یکبعدی (المان بندی قائم)..... ۱۳۲
۴۳- شکل (۷-۱۰) – تغییرات المان بندی مقطع عرضی ساحل در حالت چند خطی..... ۱۳۵
۴۲- شکل (۷- ۱۱) – رسوب و فرسایش ساحلی مابین دو آبشکن براساس روش Kamphuis و برای گامهای زمانی
۴ماهه به مدت یکسال..... ۱۳۷
۴۳-شکل (۷-۱۲) – رسوب و فرسایش ساحلی مابین دو آبشکن براساس روش CERC و برای گامهای زمانی ۴ ماهه
به مدت یکسال..... ۱۳۷

۴۴- شکل (۷-۱۳) – فرسایش و رسوبگذاری ساحلی پشت موج موازی ساحل برای گام زمانی و بر حسب ساعت با محدود کردن ضریب تفرق به عدد یک و براساس روش Kamphuis به مدت یکسال..... ۱۳۸
۴۵- شکل (۷-۱۴) – فرسایش و رسوبگذاری ساحلی پشت موج شکن موازی ساحل برای گام زمانی و بر حسب ساعت با محدود کردن ضریب تفرق به عدد یک و براساس روش CERC به مدت یکسال..... ۱۳۸
۴۶- شکل (۷-۱۵) – فرسایش و رسوبگذاری ساحلی پشت موج شکن موازی ساحل برای گام زمانی و بر حسب ساعت بدون محدود کردن ضریب تفرق براساس روش Kamphuis به مدت یکسال..... ۱۳۹
۴۷- شکل (۷-۱۶) – فرسایش و رسوبگذاری ساحلی پشت موج شکن موازی ساحل برای گام زمانی و بر حسب ساعت بدون محدود کردن ضریب تفرق براساس روش Kamphuis به مدت ۶ماه..... ۱۳۹
۴۸- شکل (۷-۱۷) – فرسایش و رسوبگذاری ساحلی پشت موج شکن موازی ساحل برای گام زمانی و بر حسب ساعت بدون محدود کردن ضریب تفرق براساس روش CERC به مدت یکسال..... ۱۴۰
۴۹- شکل (۷-۱۸) – فرسایش و رسوبگذاری ساحلی پشت موج شکن موازی ساحل برای گام زمانی و بر حسب ساعت بدون محدود کردن ضریب تفرق براساس روش CERC به مدت ۶ماه..... ۱۴۰
۵۰- شکل (۷-۱۹) – فرسایش و رسوبگذاری ساحلی پشت موج شکن موازی ساحل برای گام زمانی و بر حسب ساعت با محدود کردن ضریب تفرق به عدد ۱ براساس روش Kamphuis به مدت یکسال (حالت چند خطی) ۱۴۱
۵۱- شکل (۷-۲۰) – فرسایش و رسوبگذاری ساحلی پشت موج شکن موازی ساحل برای گام زمانی و بر حسب ساعت بدون محدود کردن ضریب تفرق و براساس روش Kamphuis به مدت یکسال (حالت چند خطی) ۱۴۲
۵۲- شکل (۷-۲۱) – فرسایش و رسوبگذاری ساحلی پشت موج شکن موازی ساحل برای گام زمانی و بر حسب ساعت با محدود کردن ضریب تفرق به عدد ۱ و براساس روش Kamphuis به مدت ۶ ماه (حالت چند خطی) ۱۴۲
۵۳- شکل (۷-۲۲) – فرسایش و رسوبگذاری ساحلی پشت موج شکن موازی ساحل برای گام زمانی و بر حسب ساعت بدون محدود کردن ضریب تفرق و براساس روش Kamphuis به مدت ۶ ماه (حالت چند خطی) ۱۴۳

فصل اول

معادلات موج دو بعدی و مشخصات آن

۱-۱- مقدمه

یک مهندس دریایی باید ضمن آشنایی با مبانی این رشته قادر به کاربرد تئوری بیان کننده مشخصات مهم امواج دو بعدی باشد. تئوری فوق برای تحلیل تغییرات مشخصات یک موج در حالت انتشار از آبهای عمیق به سوی ساحل مورد نیاز می باشد. همچنین این تئوری به عنوان یک کالبد ساختاری برای بیان امواج طیفی بسیار پیچیده دریا بکارگرفته می شود. بعنوان مثال تئوری امواج با دامنه کوتاه و همینطور مطالب لازم جهت تشریح مشخصات و رفتار امواج دو بعدی در این فصل ارائه می گردد.

۱-۲- امواج ثقلی سطح

وقتی که سطح توده ای از آب در جهت قائم دچار اغتشاش می شود نیروی ثقل در راستای برگرداندن سطح آن به وضعیت تعادل عمل می نماید. برگشت سطح آب به حالت اولیه همراه با اینرسی بوده که باعث عبور آن از وضعیت تعادل شده و نوسان سطح را به همراه خواهد داشت . این نوسان سطح آب در مجاورت خود را مغشوش کرده و باعث انتشار موج به طرف جلو خواهد شد.

بنابراین یک موج روی سطح آب توسط برخی نیروهای مغشوش کننده که معمولاً ناشی از باد ، عبور یک شناور، تکان کف دریا در نواحی کم عمق در اثر زلزله یا جاذبه ثقلی خورشید و ماه

تولید می شود. انرژی حاصل از این نیروها به نوبه خود بصورت موج منتقل شده تا به موانعی نظیر ابنیه یا خط ساحل رسیده و منعکس و همینطور مستهلک شود. درضمن موج علائمی را درقالب نوسان سطح آب در یک نقطه و نسبت به زمان انتقال می دهد.

برای یک موج در حال انتشار حرکت نوسانی آب در موج به دلیل اندرکنش ثقل و اینرسی ادامه می یابد. چون ذرات آب در موج در حال انتشار دارای شتاب مثبت و منفی است تغییرات فشار دینامیکی در ستون آب بوجود می آید. فشار دینامیکی مورد اشاره با تغییرات فشار هیدرواستاتیکی ترکیب می شود. هنگامی که موج منتشر می شود انرژی آن ابتدا در مرز هوا و آب و سپس در آبهای کم عمق در مرز بین آب وکف دریا مستهلک می گردد.نیروهای مختلف تولیدکننده امواج باعث بوجود آمدن امواج با پریودهای مختلف می شوند.

امواج تولید شده دراثر باد دارای پریودی ازحدود یک تا ۳۰ ثانیه بوده که پریودهای غالب درطوفانهای اقیانوسی بین ۵ و ۱۵ ثانیه می باشند. امواج ناشی از تردد شناورها دارای پریودهای کوتاه بین یک و ۳ ثانیه هستند. امواج ناشی از زلزله (تسونامی) دارای پریود بلند از حدود ۵ دقیقه تا یک ساعت است.پریودهای غالب در اثر جزر و مد در حدود ۱۲ و ۲۱ ساعت می باشد.امواج تولید شده در اثر باد در اقیانوس ها دارای ارتفاع (فاصله قائم بین تاج و حضیض) معمولاً کمتر از ۱۰ فوت بوده ولی هنگام طوفانهای شدید ارتفاع موج می تواند از ۲۰ فوت نیز فراتر رود. ارتفاع امواج ناشی از عبور شناورها به ندرت از ۳ فوت بیشتر می شود. امواج تسونامی در دریا دارای ارتفاع ۲ فوت یا کمتر است ولی وقتی تسونامی به ساحل نزدیک می شود باتوجه به توپوگرافی کرانه ارتفاع اغلب افزایش می یابد و به بیشتر از ۱۰ فوت می رسد بطور مشابه ارتفاع امواج جزر و

مـدی (تـراز جـزر و مـد) در اقیـانوس هـای عمیـق نسـبتاً کـم اسـت ولـی درکنـار برخـی نقـاط سـاحل از ۲۰ فـوت تجـاوز مـی نمایـد. امـواج تولیـد شـده در اثـر بـاد پیحیـده بـوده و از ترکیـب چنـد مولفـه بـا ارتفـاع و پریـود مختلـف تشـکیل مـی شـود.در ایـن فصـل سـاده تـرین تئـوری بـرای مشخصـات و رفتـار دو بعـدی امـواج منفـرد در حـال انتشـار در آبهـایی بـا عمـق ثابـت در نظـر گرفتـه مـی شـود. همچنـین ایـن تئـوری در محاسـبات طراحـی مرتبـه اول کـه ارتفـاع و پریـود مـوج منفـرد بـرای بیـان طیـف مـوج پیحیـده انتخـاب مـی شـود مفیـد مـی باشـد. در ضـمن در تعـداد زیـادی از تحقیقـات آزمایشـگاهی از مـوج منفـرد بـرای مطالعـات پایـه در خصـوص مشخصـات امـواج و رفتـار سـازه هـا در برابـر نیـروی ناشـی از مـوج یـا طبیعـت امـوج در حـال شکسـت اسـتفاده شـده و همچنـان اسـتفاده مـی شـود. سـاده تـرین و اغلـب مفیـدترین تئـوری (بـا در نظـر گـرفتن تـلاش هـای لازم در اسـتفاده آن) عبـارت از مـوج دو بعـدی دامنـه کوتـاه یـا تئـوری مـوج خطـی اسـت کـه اولـین بـار توسـط **Airy** (۱۸۴۵) معرفـی شـد. ایـن تئـوری معـادلات لازم بـرای تعریـف اکثـر خصوصـیات سـینماتیکی و دینـامیکی امـواج ثقلـی سـطح را ارائـه مـی دهـد و ایـن خصوصـیات را در محـدوده مفیـدی از شـرایط کـاربردی آن پـیش بینـی مـی کنـد. فرضـیات لازم بـرای اسـتنتاج تئـوری امـواج بـا دامنـه کوتـاه و جزئیـات آن معـادلات مربـوط حاصـل و مشخصـات مهـم امـواج تعریـف شـده توسـط ایـن معـادلات در ایـن فصـل ارائـه مـی شـوند. جزئیـات بیشـتر در مـورد تئـوری امـواج بـا دامنـه کوتـاه در تحقیقـات **wiegel** (۱۹۶۴) ، **Ippen** (۱۹۶۶) ، **Dean** و**Dalrymple** (۱۹۸۴) مرکـز تحقیقـات مهندسـی دریـا ارتـش آمریکـا (۱۹۸۴) و **Sorensen** (۱۹۹۳) قابـل ملاحظـه و بررسـی مـی باشد.

۱-۳- تئوری موج با دامنه کوتاه

تئوری موج متناوب ثقلی دامنه کوتاه در حالت دو بعدی که بصورت آزاد انتشار می یابد با خطی نمودن معادلات بیان کننده شرایط مرزی سطح آزاد آب نوشته می شود. با این شرایط و شرط مرزی کف یک پتانسیل سرعت متناوب که شرایط جریان غیرچرخشی را ارضاء می نماید مورد جستجو قرار می گیرد. این پتانسیل سرعت اساساً در طول ستون آب بجز در لایه های نازک مرزی فصل مشترک هوا و آب و درکف معتبر می باشد. بنابراین از آن برای تعیین معادلات بیان کننده مشخصات مختلف موج (نظیر نیمرخ سطح - سرعت موج - فشار محیط و حرکات ذرات) استفاده می شود. فرضیات مورد نیاز اساسی به شرح زیر می باشند :

۱- آب همگن و غیر قابل تراکم بوده و نیروهای کشش سطحی قابل صرفنظر می باشد پس فشار داخلی یا امواج ثقلی تاثیرگذار بر جریان وجود نخواهد داشت و طول امواج سطحی بلند تر از مقداری است که اثرات کشش سطحی دارای اهمیت باشد(یعنی طول موج بزرگتر از حدود ۳ سانتی متر است).

۲- جریان غیر چرخشی است بنابراین در فصل مشترک هوا-دریا و در کف تنش برشی وجود نخواهد داشت . امواج تحت اثر باد (تولید شده یا در حال اضمحلال) مورد نظر نبوده و سیال بطور آزادانه در کف و سایر سطوح ثابت صلب می لغزد . بنابراین پتانسیل سرعت ϕ باید در معادله لاپلاس جریان دو بعدی صدق کند:

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} = 0 \qquad (۱-۱)$$

که x , z به ترتیبی مختصات افقی و قائم هستند .

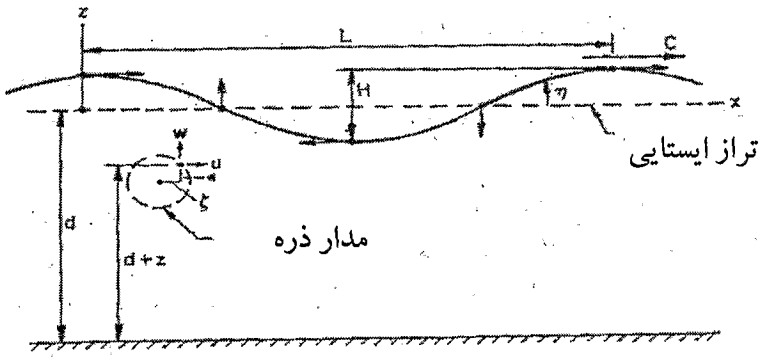
۳-کف ساکن غیرقابل نفوذ و افقی است . بنابراین کف در افزایش یا کاهش انرژی جریان یا انرژی انعکاسی امواج تأثیری ندارد. امواج درحال انتشار روی یک کف شیبدار، برای مثال وقتی امواج به سمت ساحل منتشر می شوند می توانند با فرض کف افقی تطبیق یابند به شرطی که شیب خیلی تند نباشد.

۴- فشار در طول فصل مشترک هوا- دریا ثابت است . بنابراین هیچ فشاری از جانب باد اعمال نمی شود و تفاوت فشار جوی بین تاج و حضیض موج قابل صرفنظر است .

۵ - ارتفاع موج در مقایسه با طول موج و عمق آب کوچک است . چون سرعت ذرات متناسب با ارتفاع موج بوده و سرعت موج (سرعت فاز) مرتبط با عمق آب و طول موج است این امر لازم می سازد که سرعت ذرات در مقایسه با سرعت موج کوچک باشد. با این فرض می توان روابط مرتبه بالای شرایط مرزی سطح آزاد آب را خطی نموده و کاربرد این شرایط مرزی در تراز ایستایی بجای سطح آب دستیابی به حل آسانتر را ممکن می سازد. این فرض بیانگر محدودیت استفاده از تئوری امواج با دامنه بزرگ در آبهای عمیق و آبهای کم عمق و امواج نزدیک به شکست جایی که سرعت ذرات در تاج موج به سرعت فاز موج نزدیک می شود می باشد. با این حال تئوری موج دامنه کوتاه هنوز بسیار مفید بوده و بطور وسیعی برای تحلیل امواج بکار گرفته می شود.

شکل (۱- ۱) ترسیمی از حرکت یک موج منفرد با سرعت C در آبی به عمق d در سیستم مختصات x و z را نشان می دهد. محور x موقعیت ایستایی بوده وکف در $z=-d$ می باشد.

نیمرخ سطح موج بوسیله $z=\eta$ تعریف می شود بصورتی که η تابع x و زمان t می باشد. طول موج L و ارتفاع H روی شکل ملاحظه می شود. چون موج در طول یک پریود مسافت L را طی می نماید پس :



۱-۱- تعریف پارامترهای سطح موج پیش رونده

$$C=L/T \qquad (۱-۲)$$

فلش های موجود در شکل در تاج و حضیض موج و موقعیت ایستایی جهت حرکت ذرات آب در سطح را نشان می دهند. وقتی که موج از سمت چپ به طرف راست منتشر می شود ، این حرکات باعث حرکت ذره آب در مداری در جهت گردش عقربه های ساعت می شود. سرعت ذرات آب و ابعاد مدار با افزایش عمق آب زیر خط ایستایی کاهش می یابد. مدارهای ذره فقط تحت برخی شرایط خاص به صورت دایره خواهد بود.

مولفه های افقی و قائم سرعت ذره آب در هر لحظه به ترتیب u و w می باشد. مختصات افقی و قائم یک ذره آب در هر لحظه به ترتیب با ζ و ε نشان داده می شود. مختصات نسبت به مرکز

مسیر مداری که ذره از آن تبعیت می کند مشخص می شوند. در هر لحظه ذره آب درفاصله $d-(-z)=d+z$ بالای کف قرار دارد.

اغلب متغیرهای بدون بعد زیر بکار می رود:

$$k=2\times\pi/L$$

$$\sigma=2\times\pi/T$$

اصطلاحات تندی موج که نسبت ارتفاع به طول موج (یعنی H/L) و عمق نسبی که نسبت عمق آب به طول موج (یعنی d/L) را نشان می دهند در مباحث مربوط به شرایط امواج به کار می روند. تئوری موج دامنه کوتاه با حل معادله (۱-۱) برای میدان ترسیم شده در شکل (۱- ۱) و ارضاء شرایط مرزی در سطح آب (۲) وکف (۱) بسط می یابد.

با بکارگیری معادله لاپلاس و شرط مرزی در کف و شرط مرزی دینامیکی خطی شده در سطح می توان پتانسیل سرعت برای تئوری امواج دامنه کوتاه را تعیین نمود (در این مورد می توان به تحقیقات **Ipen** (۱۹۶۶) **Sorensen** (۱۹۸۷) مراجعه نمود) کاربردی ترین حالت پتانسیل سرعت به صورت زیر است :

$$\phi=\frac{gH\cosh k(d+z)}{2\sigma\cosh kd}\sin(kx-\sigma t) \qquad (۳-۱)$$

پتانسیل سرعت معرف یک نکته مهم می باشد . با توجه به اینکه طول موج یا عدد موج $(k=2\pi/L)$ به پریود موج و عمق آب وابسته است.لذا وقتی که ارتفاع موج و پریود آن و

همینطـــور عمـــق آب معلـــوم باشـــند مـــوج بطـــور کامـــل معلـــوم اســـت و همـــه مشخصـــات آن مـــی توانـــد محاسـبه شـود.بـا بکـارگیری پتانسـیل سـرعت در شـرط دینـامیکی خطـی شـده بـا $z=0$ مـی تـوان بطـور مستقیم معادله نیمرخ سطح (موج) را تعیین نمود:

$$\eta = \frac{H}{2}\cos(kx - \sigma t) \qquad (۱-۴)$$

که همچنین با جایگزینی عدد موج و فرکانس زاویه ای موج با معادل خود می توان نوشت:

$$\eta = \frac{H}{2}\cos 2\pi(\frac{x}{L} - \frac{t}{T}) \qquad (۱-۵)$$

بنـابراین تئـوری مـوج دامنـه کوتـاه ، نیمـرخ سـطح آب را بصـورت کسینوسـی بدسـت مـی دهـد. بـا ترکیـب شـرایط مـرزی در سـطح آب (شـرط دینـامیکی و سـینماتیکی) و حـذف تـراز سـطح آب خواهیم داشت:

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + g\frac{\partial \sigma}{\partial z} = 0, z = 0 \qquad (۱-۶)$$

سـپس بـا جـایگزینی پتانسـیل سـرعت ، مشـتق گیـری و مرتـب نمـودن عبـارات رابطـه زیـر بدسـت مـی آیـد :

$$\sigma^2 = gk \qquad (۱-۷)$$

$$C = \frac{\sigma}{k} = \sqrt{\frac{g}{k}\tanh\frac{2\pi d}{L}} \qquad (۱-۸)$$

$$C = \sqrt{\frac{gL}{2\pi}\tanh\frac{2\pi d}{L}} \qquad (۱-۹)$$

معادله(۱- ۸) نشان می دهد که برای امواج دامنه کوتاه سرعت موج مستقل از ارتفاع موج است . وقتی که ارتفاع موج افزایش یابد وابستگی کمی (ولی رو به رشد) از سرعت موج نسبت به ارتفاع موج را شاهد خواهیم بود . معادله (۱-۸) همچنین می تواند به صورت زیر نوشته شود.

$$C = \frac{gT}{2\pi}\tanh\frac{2\pi d}{L} \qquad (۱-۱۰)$$

$$L = \frac{gT^2}{2\pi}\tanh\frac{2\pi d}{L} \qquad (۱-۱۱)$$

می توان نشان داد **Ippen**(۱۹۶۶) که وقتی یک موج از آب عمیق به طرف ساحل انتشار می یابد پریود موج ثابت باقی می ماند زیرا تعداد امواج عبورکننده از نقاط متوالی در یک فاصله زمانی معین باید ثابت باشد. سایر مشخصات موج شامل سرعت ، طول، ارتفاع، نیمرخ سطح ، سرعت ذرات و شتاب آنها فشار محیطی و انرژی در هنگام عبور موج از آب عمیق به مناطق کم عمق تغییر خواهد نمود.

۱-۴- طبقه بندی امواج

یکی از مهمترین رده بندی های سطح امواج استوار بر عمق نسبی (d/L) می باشد. وقتی که موج از آب عمیق در نواحی دور از ساحل به طرف آبهای کم عمق تر در کنار ساحل منتشر می شود، طول موج کاهش می یابد ولی با یک روند آهسته تر نسبت به اینکه عمق کاهش می یابد. بنابراین عمق نسبی وقتی موج به ساحل نزدیک شود کاهش خواهد داشت . وقتی d/L از حدود ۰/۵