بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه هرمزگان

دانشکده فنی و مهندسی

گروه عمران

پایان نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی عمران گرایش سازه های دریایی

عنوان:

مدل‌سازی فرآیندی پاسخ خط ساحلی به موج‌شکن‌های مستغرق چندمنظوره

استاد راهنما :

دکتر مجتبی تجزیه‌چی

نگارش :

حامد حاجی نیا

اردیبهشت ۱۳۹۱

تشکر و قدردانی

برخود لازم می‌دانم از زحمات بی دریغ استاد ارجمند، جناب آقای دکتر مجتبی تجزیه چی که با راهنمایی‌های ارزندۀ خویش در امر پیشبرد این مطالعه نهایت همکاری را با اینجانب داشتند، صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم.

چکیده:

در بحث مدیریت سواحل مسئله حفاظت ساحل از اهمیت زیادی برخوردار است. موج‌شکن‌های مستغرق از مهمترین سازه‌های دریایی هستند که به طور گسترده در سراسر دنیا برای محافظت از ساحل در برابر فرسایش استفاده می شوند. این سازه‌ها با مستهلک کردن انرژی موج باعث کاهش میزان انرژی رسیده به ساحل می شوند. نوع خاصی از این سازه‌ها ، موج‌شکن‌های مستغرق چندمنظوره می‌باشد. این سازه‌ها همزمان با حفاظت از خط ساحلی موجب ایجاد شکست‌های مناسب برای ورزش موج سواری می‌گردند. جنبه‌های کاربرد موج‌شکن‌های مستغرق چندمنظوره برای ورزش موج سواری ، در سال‌های اخیر بطور گسترده‌ای مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است. اما اطلاعات اندکی درمورد پاسخ خط ساحلی به این قبیل سازه‌ها وجود دارد. نتایج حاصل از مجموعه‌ای از مدل‌سازی‌های عددی انجام گرفته در این مطالعه نشان می دهد که پاسخ خط ساحلی به سازه‌های مستغرق، مانند موج شکن‌های مستغرق چندمنظوره، متفاوت از رفتار متناظر آن در برابر موج شکن های نمایان فراساحل می باشد. برخلاف موج‌شکن های نمایان فراساحل که تحت تمامی شرایط محیطی و فیزیکی حاکم بر سازه، موجب احیای ساحل می‌گردند، الگوی پاسخ خط ساحلی به سازه های مستغرق می‌تواند بسته به فاصله‌ی آن از سازه، بین حالت فرسایش یا احیا متغییر باشد. پاسخ خط ساحلی به یک موج‌شکن‌مستغرق چند منظوره توسط الگوی جریان‌های ساحلی شامل جریان رو به ساحل گذرنده از روی تاج سازه، گرادیان تراز سطح آب در امتداد ساحل در قسمت سایه‌ی سازه و جریان‌های ایجاد شده در طول دو وجه کناری سازه، کنترل می‌شود.

در حالتی که سازه در نزدیکی خط ساحلی قرار دارد، یک الگوی چرخشی دو سلولی به همراه جریان‌های واگرا در امتداد خط ساحلی ایجاد می‌گردد که در نتیجه‌ی آن، خط ساحلی دچار فرسایش موضعی می‌شود. در نقطه‌ی مقابل در حالتی که موج شکن مستغرق در فاصله‌ی دورتری از خط ساحلی قرار می‌گیرد یک الگوی چرخشی چهار سلولی به همراه جریان‌های همگرا در خط ساحلی در قسمت سایه‌ی سازه ایجاد می‌شود که موجب احیای موضعی خط ساحلی می‌گردد.

عوامل دیگری همچون زاویه ی غالب برخورد امواج به ساحل و تراز تاج موج شکن نیز نقش مهمی درحجم تغییرات پروفیل ساحل دارند بدین گونه که بدون تغییر در حالت پاسخ خط ساحلی (فرسایش یا احیا) موجب تغییر درحجم آن می‌گردند.

در نهایت، رابطه‌ای تجربی برای برآورد حالت و حجم پاسخ خط ساحلی به یک موج شکن مستغرق چند منظوره ارائه می‌گردد. از این رابطه می‌توان برای برآورد حالت پاسخ خط ساحلی به سایر انواع سازه‌های مستغرق نیز استفاده نمود. رابطه‌ی مذکور نشان می‌دهد در صورتیکه نسبت فاصله‌ی نوک فراساحل تاج موج‌شکن از خط ساحلی اولیه به عرض ناحیه‌ی شکست طبیعی موج، کمتر از یک باشد صرف نظر از جهت برخورد امواج، خط ساحلی دچار فرسایش شده و در حالتی که نسبت مذکور بزرگتر از ۱/۵ باشد برای هر دو حالت برخورد امواج، پدیده‌ی احیای موضعی را در ساحل در قسمت سایه‌ی موج شکن مستغرق خواهیم داشت.

کلمات کلیدی: موج شکن‌های مستغرق چند منظوره؛ موج شکن‌های مستغرق؛ مدل‌سازی عددی؛ پاسخ خط ساحلی

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول: پیشگفتار
۱-۱. مقدمه ۱
۱-۲. اهمیت و ضرورت مطالعه ۳
۱-۳. دیدگاه مطالعه ۶

فصل دوم: مطالعات انجام گرفته
۲-۱. انتقال جرم وخیزآب بر روی موج شکن‌های مستغرق ۷
۲-۲. عبور موج ۹
۲-۳. پاسخ خط ساحلی به موج شکن‌های مستغرق ۱۲
۲-۴. مدل غلتکی ۱۴
۲-۵. مدل سازی فرسایش خط آب ۱۵
۲-۶. ضریب شتاب مورفولوژیکی ۱۶

فصل سوم: مدل‌سازی عددی
۳-۱. مقدمه ۱۷
۳-۲. مدل عددی Delft3D ۱۸
۳-۲-۱. مدول Flow ۱۸
۳-۲-۲. مدول Wave ۱۸
۳-۳. برپایی مدل ۱۹
۳-۳-۱. مدول Flow ۱۹
۳-۳-۱-۱. شبکه بندی ۱۹
۳-۳-۱-۲. پروفیل بستر ۲۰
۳-۳-۱-۳. چارچوب زمانی و فرآیندها ۲۱
۳-۳-۱-۴. شرایط مرزی ۲۱
۳-۳-۱-۵. پارامترهای فیزیکی ۲۲
۳-۴. مدول Wave ۲۵
۳-۴-۱. شبکه بندی و پروفیل بستر ۲۵
۳-۴-۲. شرایط مرزی ۲۵

۳-۵. آنالیز حساسیت ۲۶
۳-۵-۱. پارامترهای حساس ۲۶
۳-۵-۱-۱. ضریب شتاب مورفولوژیکی ۲۶
۳-۵-۱-۲. فاصله‌ی زمانی کوپلینگ بین مدول های Flow و Wave ۲۷
۳-۵-۱-۳. زبری موج شکن در مدول Flow ۲۷
۳-۶. صحت سنجی مدل ۲۷

فصل چهارم: بررسی و بحث بر روی نتایج مدل عددی

۴-۱. الگوی جریان های ساحلی ۲۹
۴-۱-۱. برخورد عمود امواج بر ساحل ۲۹
۴-۱-۲. برخورد مورب امواج بر ساحل ۳۱
۴-۱-۳. تراز تاج سازه ۳۶
۴-۲. پاسخ خط ساحلی ۳۶
۴-۲-۱. برخورد عمودی امواج ۳۶
۴-۲-۲. برخورد مورب امواج ۴۰
۴-۲ -۳. تراز تاج سازه ۴۱
۴-۳. خلاصه‌ی نتایج مورفودینامیکی ۴۱
۴-۴. رابطه‌ی برآورد پاسخ خط ساحلی ۴۷
۴-۵. نتیجه گیری و پیشنهادات برای ادامه‌ی کار ۴۹
۵. فهرست مراجع ۵۱

پیوست ها

پیوست الف. نتایج آنالیز حساسیت ۵۵
پیوست ب. صحت سنجی مدل عددی ۵۹
پیوست ج. نتایج هیدرودینامیکی و مورفودینامیکی ۶۳

فهرست جداول

عنوان صفحه

جدول ۲-۱. تاثیر زاویه‌ی برخورد موج بر روی زاویه و ارتفاع موج عبور کرده ۱۰
جدول ۳-۱. پارامترهای فیزیکی مورد استفاده در مدول Flow ۲۴
جدول ۳-۲. ماتریس شبیه‌سازی‌های انجام شده و نامگذاری آن‌ها در مدل عددی ۲۶
جدول ۳-۳. خلاصه‌ی فرآیندهای صحت سنجی شده در مدل عددی..... ۲۸
جدول ۴-۱. حالت و حجم پاسخ خط ساحلی محاسبه شده توسط مدل عددی ۴۱
جدول پ-ب-۱. مقایسه‌ی ضرایب عبور موج مدل عددی با مطالعات قبلی ۵۹
جدول پ-ب-۲. مقایسه‌ی خیزآب ناشی از موج در مدل عددی با مطالعات قبلی.. ۶۱
جدول پ-ب-۳. مقایسه‌ی شار جرم مدل عددی با مطالعات قبلی..... ۶۲

فهرست اشکال

عنوان صفحه

شکل ۱-۱. تپه‌ی دریایی نرونک ریف در ساحل گلد کوست استرالیا ۴
شکل ۲-۱. اختلاف میان ضرایب عبور موج از پروژه‌ی DELOS و مطالعات قبلی ۱۱
شکل ۲-۲. ساختار کلی مدل‌های مورفودینامیکی و مفهوم ضریب تسریع مورفولوژیکی ۱۶
شکل ۳-۱. شبکه بندی دامنه در مدول Flow ۲۰
شکل ۳-۲. قسمت مرکزی مدل عددی شامل سازه‌ی مستغرق ۲۰
شکل ۳-۳. شبکه بندی دامنه در مدول Wave ۲۵
شکل ۴-۱-الف. سرعت و الگوی جریانها از مدل عددی برای مدل SNCL100 ... ۳۳
شکل ۴-۱-ب. الگوی جریان در مدل فیزیکی متناظر با مدل SNCL100 ..... ۳۳
شکل ۴-۲-الف. سرعت و الگوی جریانها از مدل عددی برای مدل SNCL250 ... ۳۴
شکل ۴-۲-ب. الگوی جریان در مدل فیزیکی متناظر با مدل SNCL250 ..... ۳۴
شکل ۴-۳. پروفیل ارتفاع موج، تراز سطح آب و عمق بستر برای مدلSNCL100 ..... ۳۵
شکل ۴-۴. پروفیل ارتفاع موج، تراز سطح آب و عمق بستر برای مدلSNCL250 ..... ۳۵
شکل ۴-۵-الف. سرعت و الگوی جریان از مدل عددی برای مدل OBCL100 ... ۳۷
شکل ۴-۵-ب. الگوی جریان در مدل فیزیکی متناظر با مدل OBCL100 ..... ۳۷
شکل ۴-۶-الف. سرعت و الگوی جریانها از مدل عددی برای مدل OBCL250 .. ۳۸
شکل ۴-۶-ب. الگوی جریان در مدل فیزیکی متناظر با مدل OBCL250 ..... ۳۸
شکل ۴-۷-الف. پروفیل بستر نهایی در مدل عددی برای مدل SNCL100 ..... ۴۳
شکل ۴-۷-ب. تغییرات نهایی بستر در مدل عددی برای مدل SNCL100 ..... ۴۳
شکل ۴-۸-الف. پروفیل بستر نهایی در مدل عددی برای مدل SNCL250 ..... ۴۴
شکل ۴-۸-ب. تغییرات نهایی بستر در مدل عددی برای مدل SNCL250 ..... ۴۴
شکل ۴-۹-الف. پروفیل بستر نهایی در مدل عددی برای مدل OBCL100 ..... ۴۵
شکل ۴-۹-ب. تغییرات نهایی بستر در مدل عددی برای مدل OBCL100 ..... ۴۵
شکل ۴-۱۰-الف. عمق سنجی نهایی در مدل عددی برای مدل OBCL250 ..... ۴۶
شکل ۴-۱۰-ب. تغییرات نهایی بستر در مدل عددی برای مدل OBCL250 ..... ۴۶
شکل ۴-۱۱-الف. نمودار پاسخ خط ساحلی به موج شکن مستغرق چندمنظوره ۴۸
شکل ۴-۱۱-ب. تاثیر تراز تاج موج شکن مستغرق بر روی پاسخ خط ساحلی ۴۸
شکل ب-۱. عبور امواج بر روی موج شکن مستغرق ۵۹
شکل ب-۲. مقایسه‌ی ضرایب عبور موج مدل عددی با پروژه‌ی DELOS ۶۰
شکل ب-۳. تراز سطح آب در طول محور تقارن موج شکن مستغرق ۶۱

فهرست علائم و نشانه ها

نشانه	واحد	توضیحات
A	m^2	سطح مقطع عرضی موج شکن مستغرق
B	m	عرض تاج موج شکن
C	$m^{1/2}s^{-1}$	ضریب اصطکاک شزی (Chezy)
C	ms^{-1}	سرعت موج
C_f	[-]	عدد کورانت (Courant number)
D	m	قطر ذرات رسوب
F	[-]	ضریب اصطکاک مانینگ
G	ms^{-2}	شتاب گرانشی
H	m	ارتفاع موج
H	m	عمق آب
H_0	m	ارتفاع موج در آب عمیق
H_i	m	ارتفاع موج مشخصه برخوردی
H_s	m	ارتفاع موج مشخصه
H_t	m	ارتفاع موج عبور کرده
K	m^{-1}	عدد موج
K_D	[-]	ضریب تفرق موج
$K_{d,t}$	[-]	ضریب کل تفرق موج
K_t	[-]	ضریب عبور موج
q_{in}	m^2s^{-1}	انتقال جرم بر روی موج شکن مستغرق
R_c	m	عمق استغراق تاج موج شکن
s_0	[-]	تیزی موج در آب عمیق
T	s	زمان
T_p	s	دوره تناوب اوج موج
U_r	[-]	عدد اورسل
نمادهای یونانی	واحد	توضیحات
β	^{0}	زاویه‌ی موج

δ	m	خیزآب
ξ	[-]	عدد آیری بارن
ρ	kgm^{-3}	چگالی آب

فصل اول:
پیشگفتار

۱-۱. مقدمه:

شکست امواج در منطقه شکست سبب ایجاد آشفتگی و جریان‌های ناشی از موج می‌شود که عامل مهم انتقال رسوبات بوده و در نهایت باعث بروز پدیده فرسایش سواحل می‌گردد. سازه‌های ساحلی متنوعی جهت مقابله با این پدیده و به منظور کاهش تاثیرات امواج و حل مشکلات فرسایش سواحل پیشنهاد شده و مورد استفاده قرار گرفته است. از جمله این سازه‌ها می توان به مواردی همچون موج شکن‌ها، دیوارهای دریایی و پوشش ها[1] و لایه‌های محافظ[2] اشاره کرد.

از جمله سازه‌های حفاظت ساحلی که اخیراً بطور گسترده‌ای در سراسر جهان مورد استفاده قرار گرفته است، موج شکن‌های جدا از ساحل[3] هستند. این موج شکن‌ها با فاصله‌ی قابل توجهی از خط ساحلی در دریا احداث شده و وظیفه حفاظت خط ساحلی از فرسایش در برابر طوفان‌های دریایی را بر عهده دارند. این گونه سازه‌ها از یک طرف سبب کند شدن فرآیند فرسایش در سواحل و از طرف دیگر موجب سرعت بخشیدن به رسوب‌گذاری طبیعی در ساحل گردیده و در نهایت موجب احیا و حفظ بخش وسیعی از ساحل در مقابل خسارات ناشی از طوفانهای دریایی می‌گردند.

عملکرد اصلی این سازه ها، حفاظت ساحل به واسطه سه فرآیند مجزا می باشد:

الف. کاهش انرژی امواج برخوردی و کنترل امواج و جریانات در بخش رو به ساحل موج شکن؛

ب. توزیع مجدد الگوی انتقال رسوب در ناحیه حفاظت شده پشت موج شکن به منظور فراهم سازی مشخصه های ساحلی مطلوب؛

پ. جلوگیری از رسوب گذاری در نواحی دسترسی بندر.

نخستین موج‌شکن دور از ساحل در سال ۱۹۳۵ در ساحل « Winthrop Beach » ایالات متحده احداث گردید (Chasten et al. 1993). این پروژه که شامل ۵ موج شکن جدا از ساحل مجزا از هم و هر کدام به طول ۹۱ متر بود به منظور حفاظت خط ساحلی به طول ۶۲۵ متر مورد استفاده قرار گرفت. بر اساس مطالب اشاره شده توسط (Pilarczyk and Zeidler (1996 ، ۹/۲ کیلومتر از سواحل ایالات متحده و ۹/۴ کیلومتر از سواحل کشور ژاپن به وسیله موج شکن‌های دور از ساحل مورد حفاظت قرار گرفته و این کاربرد بطور فزاینده‌ای در اروپا و آمریکا رو به افزایش است.

موج‌شکن‌های جدا از ساحل ممکن است به صورت موازی با ساحل یا بطور مایل احداث گردند. همچنین این سازه‌ها می‌توانند دارای تاجی نمایان و یا مستغرق باشند که مورد دوم خود می تواند به صورت نیمه مستغرق و یا مستغرق در نظر گرفته شود. موج شکن‌های نمایان اجازه روگذری[4] امواج و

1- dikes
2- revetments
3- detached breakwaters
4 - overtopping

عبور آنها از روی سازه را نمی‌دهند. در حالی که موج شکن‌های با تاج کوتاه در شرایطی خاصی شاهد روگذری و عبور امواج می باشند. در مورد موج شکن‌های مستغرق ، روگذری امواج همواره رخ می‌دهد چرا که سطح تاج موج شکن بطور دائمی پایین تر از تراز متوسط سطح دریا قرار دارد و امواج از روی موج شکن همراه با شکست عبور می کنند.

یکی از مزایای بکارگیری موج شکن های مستغرق در مدیریت سواحل این است که بدون خدشه دار شدن چشم انداز طبیعی دریا از طرف ساحل، فرآیند حفاظت ساحل به نحو مطلوبی صورت می گیرد. این مساله بویژه در مورد توسعه‌ی سواحل مسکونی و یا تفریحی از اهمیت بالایی برخوردار است. دلیل این امر، اهمیت چشم انداز دریا از طرف ساحل است که عامل مهمی در جذب توریست و افراد بازدیدکننده از ساحل می باشد. بدون رعایت این موضوع ممکن است نتایج دلخواه در طرح توسعه سواحل تامین نگردد. این در حالیست که در سایر انواع سازه ها و یا موج شکن ها این مهم به سهولت قابل دستیابی نیست. از طرف دیگر موج شکن‌های مستغرق جهت فراهم آوردن زیستگاه مناسب برای موجودات دریایی گزینه کاملاً مناسبی بوده و اختلالی در اکوسیستم منطقه ایجاد نخواهند کرد. علاوه بر مزیت‌های اشاره شده، موج شکن‌های مستغرق این امکان را فراهم می‌سازند که آب دریا بین دو ناحیه‌ی فراساحل و پشت سازه در جابجایی دائمی باشد که در نتیجه‌ی آن، کیفیت آب در ناحیه‌ی حفاظت شده پشت موج شکن حفظ شده و محل جمع شدن مواد زاید و اضافات نمی‌گردد. این امر در مورد اهداف تفریحی در سواحل توریستی و مسکونی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار بوده و ممکن است در مورد سایر انواع موج شکن‌ها، به این شکل تامین نگردد.

موج شکن های مستغرقی که به نحو مناسبی طراحی شده باشند این امکان را می دهند تا جریان انتقال رسوب در امتداد خط ساحلی بطور پیوسته در پشت موج شکن برقرار باشد، که موجب کاهش اثرات مخرب فرسایش در ساحل می‌گردد. فراهم آوردن یک منطقه آرام به واسطه پراکنده سازی امواج برخوردی در پشت موج شکن این امکان را می دهد تا موج شکن مستغرق با به دام انداختن رسوبات حمل شده در ناحیه حفاظت شده، باعث احیای خط ساحلی گردد. علاوه بر این، عملکرد موج شکن های مستغرق با پروژه‌های تغذیه مصنوعی سواحل ادغام شده و باعث بازیابی و احیای پروفیل ساحل می‌گردد. این امر منجر به کاهش حجم تغذیه‌ی مصنوعی و افزایش عمر پروژه‌های احیای ساحل می‌گردد (Lamberti and Mancinelli. 1996).

موج شکن‌های مستغرق با اندازه‌های مختلف عرض تاج، در نواحی ساحلی اجرا گردیده‌اند. در محیط‌های جزر و مدی و هنگامی که مد ناشی از طوفان به وقوع می پیوندد (جایی که عمق استغراق تاج موج شکن همواره بالا است) سازه‌های با عرض تاج کوچک، کمتر در فرآیند حفاظت ساحل موثر خواهند بود. در مقابل، موج شکن‌های مستغرق با تاج عریض در عمق‌های استغراق بالا موثرتر واقع خواهند شد (Tajziehchi. 2006).

در اروپا حدود ۱۲۰۰ موج شکن مستغرق منفرد و چند تکّه برای محافظت از خطوط ساحلی ساخته شده است (Lamberti et al. 2005). این موج شکن‌ها در مشخصات مختلف و متنوعی از لحاظ

هندسه ، عمق استغراق و فاصله از خط ساحلی در نظر گرفته شده‌اند. این پروژه ها در قالب پروژه‌ی تحقیقی « DELOS »[1] مورد بررسی قرار گرفته‌اند. پروژه‌ی مذکور در اروپا به منظور طراحی مناسب، موثر و سازگار با محیط زیست سازه‌های با تاج کم ارتفاع و برای حفاظت خطوط ساحلی اروپا در مقابل فرسایش، مورد اجرا قرار گرفته است (Lamberti. 2005).

موج‌شکن‌های مستغرق در خطوط ساحلی ایالات متحده نیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند. موج‌شکن‌های مستغرق تاج باریک با مقطع عرضی مثلثی در نواحی سواحل شرقی ایالات متحده به اجرا در آمده اند (Stauble and Tabar. 2003). یکی از اهداف اجرای این سازه ها، کاهش ارتفاع امواج و نگهداری موقعیت خط ساحلی در یک وضعیت پایدار در مقابل حملات امواج طوفان بوده است. دیده‌بانی انجام شده توسط (Stauble and Tabar (2003 بر روی موج شکن‌های تاج باریک نشان داد که استفاده از سازه‌های تاج باریک موازی با ساحل، به تنهایی و بدون استفاده از سایر سازه‌های حفاظتی، در پایدارسازی خط ساحلی در پشت موج شکن موثر نبوده است.

کارکرد موج شکن‌های مستغرق در موارد مختلف به وضعیت و شرایط امواج برخوردی به موج شکن، هندسه‌ی موج شکن (شامل عرض تاج و شیب وجه فراساحل)، عمق آب بر روی تاج سازه (عمق استغراق) و فاصله‌ی سازه از خط ساحلی بستگی دارد. تغییرات خط ساحلی در پشت موج‌شکن‌های مستغرق تحت تاثیر انرژی امواج برخوردی و الگو و حجم جریان‌های تشکیل شده در پشت سازه، قرار دارند

۱-۲. اهمیت و ضرورت مطالعه

همانگونه که در بخش قبل اشاره گردید، استفاده از سازه‌های حفاظتی متعارف مانند آبشکن‌ها و موج شکن‌های نمایان در حال منسوخ شدن است که این امر را می توان به آثار نامطلوب احداث این نوع سازه‌ها بر روی چشم انداز طبیعی ساحل و محیط زیست اطراف آن نسبت داد. در نقطه‌ی مقابل، سازه‌های مستغرق قرار دارند که ضمن حفاظت از سواحل، هیچ گونه اثر منفی بر منطقه‌ی استقرار خود ایجاد نمی‌کنند. این امر موجب گردیده است که مهندسین و مدیران سواحل، سازه‌های مستغرق را به عنوان سیستم محافظتی ساحلی انتخاب کنند (Evans and Ranasinghe. 2001 ; Ranasinghe et al. 2001). دلیل دیگری که موجب افزایش محبوبیت سازه‌های مستغرق گردیده، تشخیص این مساله است که با بهینه کردن هندسه‌ی سازه‌ی مستغرق به منظور ایجاد شکست های شدید امواج، می‌توان شرایط مناسبی را برای ورزش موج سواری فراهم کرد. در نتیجه می‌توان گفت که یک سازه‌ی چندمنظوره که همزمان با حفاظت از خط ساحلی و ایجاد شرایط مطلوب برای ورزش موج سواری، آثار نامطلوبی را هم بر روی چشم انداز و محیط زیست منطقه بر جای نگذارد، محبوبیت بالایی خواهد داشت. تپه‌ی دریایی «نرو نک »[2] در

1- environmental Design of Low crested coastal defence Structures
2- Narrowneack Reef

کشـــور اســـترالیا نمونـــه‌ای از یـــک ســـازه‌ی چنـــدمنظوره مـــی‌باشـــد (شـــکل ۱-۱) (Jackson et al. 2002; Black and Mead. 2001).

شکل ۱- ۱. تپه‌ی دریایی « نرونک ریف » در ساحل گلد کوست (ASR, 2004)

به منظور بیشینه کردن کاربری این سازه ها برای ورزش موج سواری، شکل کلی سازه در پلان بایستی به شکل حرف لاتین « V » بوده و نوک آن رو به ناحیه‌ی فراساحل و در جهت غالب برخورد امواج به ساحل باشد. یک چنین سازه‌ای در شرایط وزش امواج مطلوب، شکست‌های شدید و مناسبی را برای موج سواری فرآهم خواهد آورد(Pattiaratchi. 1999; Black and Mead. 2001). جنبه‌های کاربرد موج شکن‌های مستغرق چندمنظوره برای ورزش موج سواری، در سال‌های اخیر بطور گسترده‌ای مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است (Black and Mead. 2001; Mead and Black. 2001 a, b ,c ; Dally. 2001; Hutt et al. 2001). اما اطلاعات اندکی درمورد پاسخ خط ساحلی به این قبیل سازه‌ها وجود دارد. اگر چه که در حال حاضر چندین مطالعه در سراسر جهان بر روی امکان سنجی احداث این سازه‌ها در حال انجام است اما سازه‌ی احداث شده در کشور استرالیا تنها مورد تکمیل شده و ثبت شده تا امروز می‌باشد.

مرور اجمالی مطالعات پیشین نشان می‌دهد که نه تنها در مورد پاسخ خط ساحلی به موج شکن‌های مستغرق چندمنظوره، بلکه به طور کلی در مورد پاسخ خط ساحلی به سازه‌های مستغرق نیز، مطالعات نسبتاً اندکی صورت گرفته است.

در سال‌های اخیر به منظور بررسی پارامترهای محیطی و سازه‌ای تعیین کننده‌ی پاسخ خط ساحلی به موج شکن‌های مستغرق، چندین مطالعه به صورت گردآوری اطلاعات مربوط به مشاهدات میدانی، مدل‌سازی های آزمایشگاهی و مدل‌سازی های عددی انجام شده است.

در مطالعه‌ی Ranasinghe and Turner (2006) مربوط به ۱۰ مورد از سازه‌های مستغرق مشخص گردید که در ۷۰درصد موارد، سازه‌ی مستغرق موجب فرسایش ناحیه‌ی سایه‌ی خود شده است. همچنین ایشان با توجه به اطلاعات موجود به این نتیجه دست یافتند که عواملی همچون طول سازه، تراز تاج، عرض تاج، شیب ساحل، نرخ انتقال رسوب امتداد ساحلی و عملیات تغذیه‌ی ساحلی نمی تواند تعیین کننده‌ی حالت پاسخ خط ساحلی (فرسایش یا احیا) به سازه‌های مستغرق باشد.

نتایج حاصل از مدل‌سازی‌های عددی و تست‌های آزمایشگاهی بیانگر این مطلب است که احداث موج شکن مستغرق در خطوط ساحلی با نرخ بالای انتقال رسوب امتداد ساحلی، احتمالاً موجب احیای ساحل در قسمت سایه‌ی سازه خواهد شد. از سوی دیگر در سواحلی با رژیم امواج غالباً عمود بر ساحل، موجب فرسایش آن قسمت خواهد گردید (Ranasinghe and Turner 2006).

اما مشاهدات میدانی انجام شده در مطالعه‌ی Ranasinghe and Turner (2006) با این اظهارات در تناقض است. به عنوان نمونه در ساحلی با نرخ انتقال رسوب بالا و متجاوز از ۵۰۰۰ متر مکعب بر سال در امتداد ساحل (ساحل Lido di Ostia در ایتالیا) و همچنین در ساحلی با نرخ متوسط انتقال رسوب و معادل ۲۰۰۰ الی ۵۰۰۰ متر مکعب بر سال (ساحل Vero Beach در آمریکا)، احداث موج شکن مستغرق موجب فرسایش ساحل در قسمت سایه‌ی سازه گردیده است. همچنین سازه‌های مستغرق احداث شده در سواحلی با رژیم امواج عمود بر ساحل و نرخ انتقال رسوب قابل اغماض در امتداد ساحل، موجب احیای خط ساحلی شده است (ساحل Lido di Dante در ایتالیا).

این چنین تناقض‌ها و مشاهدات سردرگم کننده‌ای، لزوم تمرکز بر روی این موضوع و بررسی دقیق و مفهومی آن را آشکارتر می‌سازد.

یکی از مطالعات نوید بخش در زمینه‌ی بررسی پاسخ خط ساحلی توسط Black and Mead (2001) انجام گردید. محققین مذکور با استفاده از عکس‌های هوایی سواحل کشور نیوزلند و سواحل شمال شرقی کشور استرالیا ، شکل و ابعاد پیش آمدگی‌های ساحلی ایجاد شده در پشت تپه‌های دریایی طبیعی را میزان‌سنجی نمودند. نتیجه‌ی مطالعه‌ی مذکور این بود که تحت شرایط یکسان سازه‌ای و محیطی، اندازه‌ی پیش آمدگی ایجاد شده در پشت یک تپه‌ی دریایی یا سازه‌ی مستغرق، بزرگتر از پیش آمدگی ایجاد شده در پشت یک سازه‌ی نمایان خواهد بود. اما این نتیجه گیری، صحیح به نظر نمی رسید. به دلیل اینکه پوشش‌دهی ساحلی در قسمت سایه‌ی یک سازه‌ی نمایان بیشتر بوده و منجر به شرایط مطلوب تری برای ایجاد پیش آمدگی ساحلی در این ناحیه می‌گردد (Ranasinghe et al. 2001).

مطالعه‌ی Ranasinghe et al. (2001) نشان داد که رابطه‌ی ارائه شده توسط Black and Mead. (2001) برای برآورد اندازه‌ی پیش آمدگی خط ساحلی دارای نواقصی است. مشهودترین این نواقص، عدم پیش بینی حالت فرسایش توسط این روابط بود. رابطه‌ی مذکور برای تمامی شرایط سازه‌ای و محیطی، حالت احیا را نتیجه می‌داد. در حالیکه مشاهدات میدانی گزارش شده توسط Ranasinghe et al. (2001) نشان داد که حالت فرسایش نیز در پشت سازه‌های مستغرق، ایجاد می‌گردد.

با توجه به مطالب ذکر شده آشکار می‌گردد که شرایط سازه‌ای و محیطی که موجب ایجاد فرسایش یا احیا در قسمت سایه‌ی یک سازه‌ی مستغرق می شود، هنوز بطور کامل شناخته نشده است. همچنین فرآیندهای مجاور ساحلی تعیین کننده‌ی فرسایش و احیای خط ساحلی در قسمت سایه‌ی سازه‌ی مستغرق نیز در دست بررسی می‌باشد. در این پایان نامه به بررسی این دو موضوع پرداخته شده است.

۱-۳. دیدگاه مطالعه

هدف اصلی این پایان نامه، تمرکز بر روی پاسخ خط ساحلی به یک موج شکن مستغرق چند منظوره می‌باشد. در این مطالعه دو مطلب مهم بطور ویژه مورد بررسی قرار می‌گیرد:

الف) آشکارسازی فرآیندهای مجاور ساحلی تعیین کننده‌ی حالت پاسخ خط ساحلی (فرسایش یا احیا) ؛

ب) تاثیر سه پارامتر اساسی تاثیر گذار بر روی حالت و حجم پاسخ خط ساحلی. این پارامترها عبارتند از:

۱) فاصله‌ی سازه از خط ساحلی ۲) عمق استغراق تاج سازه ۳) وجود و عدم وجود فرآیند انتقال رسوب مشخصه در امتداد خط ساحلی

در این مطالعه به منظور دستیابی به نتایج دقیق‌تر، از مدل غلتکی برای مدل‌سازی انتشار و شکست امواج و از تکنیک‌های مدل سازی فرسایش خط آب برای مدل‌سازی فرسایش ساحل استفاده شده است. همچنین برای کاهش زمان شبیه‌سازی‌های مورفودینامیکی از تکنیک‌های تسریع محاسبات مورفولوژیکی استفاده گردیده است. اگرچه سازه‌ی مورد مطالعه در این پایان نامه، شکل متفاوتی با موج شکن‌های مستغرق خطی موازی با خط ساحلی دارد اما می‌توان از نتایج این مطالعه برای برآورد کیفی حالت پاسخ خط ساحلی به موج شکن‌های مستغرق موازی با خط ساحلی نیز استفاده نمود.

فصل دوم

مطالعات انجام شده

۲-۱. انتقال جرم و خیزآب بر روی موج شکن های مستغرق

میزان سنجی انتقال جرم از روی موج‌شکن‌های مستغرق توسط (Calabrese et al. 2008) انجام گردید. بر طبق مطالعه‌ی مذکور، انتقال جرم بر روی یک موج شکن مستغرق را می‌توان با نظریه‌ی عمومی انتقال جرم در ناحیه‌ی شکست مقایسه نمود. در مطالعه‌ی (Svendsen 1984) رانش جرم کل در اثر حرکت مداری و غلتکی سطح موج، میزان سنجی شده است. با استفاده از رابطه‌ی بدست آمده در مطالعه‌ی اخیر و با تغییراتی که توسط (Hansen 1990) انجام گردید، رابطه‌ی انتقال جرم بر روی یک موج شکن مستغرق به صورت زیر بیان می‌گردد:

$$q_{in} = \sqrt{gh}\, H \left(B_\circ \frac{H}{|R_c|} + 0.6 \right) \qquad (۲-۱)$$

که در آن برای در نظر گرفتن تاثیر شکست موج بر روی موج شکن مستغرق در رابطه، H به صورت زیر بدست می آید:

$$H = H_i \frac{(1+K_t)}{2} \qquad (۲-۲)$$

پارمتر B_o در رابطه‌ی ۲-۱۶، ضریب شکل موج خوانده می شود که با استفاده از نظریه‌ی موج نویدال، به پارامتر « اورسل » ، به صورت رابطه‌ی زیر بستگی دارد:

$$B_\circ = 0.125 \tanh\left(\frac{11.4}{\sqrt{U_r}}\right) \qquad (۲-۳)$$

رابطه‌ی اخیر برای موج شکن‌های تاج باریک قابل کاربرد می‌باشد. پارامتر اورسل نیز در حالتی که شکست موج در نزدیکی تاج موج شکن رخ می‌دهد، به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$U_r = \frac{2\pi}{S_\circ} \left(\frac{H_i}{|R_c|}\right)^2 \left(1 + \frac{H_i}{|R_c|}\right) \qquad (۲-۴)$$

یکی از اولین مطالعاتی که در جهت میزان سنجی تحلیلی اختلاف سطح آب بین دو ناحیه انجام شد، توسط (Longuet-Higgins 1976) بود. بر اساس نتایج این مطالعه، رابطه ای برای برآورد خیزآب برای موج شکن های مستغرق ارائه گردید (Calabrese et al. 2008):

$$\acute{\sigma} = \frac{H_i^2(1+K_R^2)k_1}{8\sinh(2k_1h_1)} - \frac{H_i^2K_t^2k_2}{8\sinh(2k_2h_2)} \quad (۵-۲)$$

که در آن، H_i ارتفاع موج برخوردی، K_R ضریب بازتاب، K_t ضریب عبور موج ، k و h به ترتیب عدد موج و عمق آب و پی نوشت های 1 و 2 به ترتیب مربوط به قسمت فراساحل و رو به خشکی سازه می باشد. اهمیت بازتاب موج، در رابطه‌ی اخیر منظور شده است.

در مطالعه‌ی Dalrymple and Dean (1971) خیزآب کل به دو قسمت شامل سهم شار مومنتم موج درخیزآب و سهم جریان برگشتی برای موازنه‌ی انتقال جرم بر روی موج‌شکن، تفکیک گردید. برای سهم شار مومنتم از یک روش ساده بر اساس نتایج مطالعه‌ی Longuet-Higgins (1976) استفاده شد. برای سهم ناشی از جریان برگشتی بر روی خیزآب (خیزآب پیوستگی)، یک جریان برگشتی بر روی تاج سازه در نظر گرفته شد. بطوریکه این جریان بایستی توسط یک گرادیان سطح آب بر روی تاج سازه ایجاد گردد. با محاسبه‌ی مقدار این گرادیان برای ایجاد جریانی با شدت معلوم، مقدار سهم ناشی از جریان برگشتی بر روی تغییرات تراز سطح آب مشخص می‌شود. بر اساس مطالعه‌ی Loveless et al. (1998) ، عبور مقداری از جریان برگشتی از داخل موج شکن نفوذپذیر باعث ایجاد یک عدم تعادل در موازنه‌ی جرم در روی تاج سازه می‌شود. ایشان در این مطالعه به بررسی تاثیر جریان‌های عبوری از داخل سازه بر روی مقدار خیزآب، پرداختند.

مطالعاتی که در بالا به آن‌ها اشاره گردید همراه با یک مجموع از ساده سازی ها بودند. این امر دلیلی بود که مطالعه‌ی جدیدی توسط Calabrese et al. (2008) و بر اساس مدل Dean et al. (1971) انجام گیرد. در مدل جدید، سهم شار مومنتم در خیزآب درنظر گرفته می‌شود اما تولید امواج با فرکانس بالا، پشته کردن موج و خیزآب یا فروآب اولیه نادیده گرفته می‌شوند. با فرض یک بستر مسطح، سهم شار مومنتم در خیزآب توسط مجموعه‌ای از معادلات به صورت زیر بیان می‌گردد:

$$\sigma_{mf} = 0.5\left(-b + \sqrt{(b^2 - 4c)}\right) \quad (۶-۲)$$

$$b = (2h - A) \quad (۷-۲)$$

$$A = \left(1 + \frac{x_b+B}{L_s}\right)h_c - \left(x_b\frac{h_b+R_c}{L_s}\right) \quad (۸-۲)$$

$$c = -\frac{1}{8} H_i^2 \left(1 + \frac{4kh}{\sinh(2kh)}\right)(1 + K_r^2 - K_t^2) \qquad (۹-۲)$$

برای منظور کردن خیزآب پیوستگی، فرآیند یک جریان برگشتی بر روی تاج سازه به سمت بخش فراساحل در نظر گرفته می‌شود. این جریان توسط یک خیزآب پیوستگی اضافی، ایجاد و با استفاده از رابطه‌ی (Gauckler-Strickler formula) برای جریان آشفته‌ی یکنواخت، توضیح داده می‌شود. نتیجه به شکل رابطه‌ی زیر بیان می‌گردد (Calabrese et al. 2008):

$$\sigma_c = \frac{q_{in}}{f^2 |R_c|^{10/3}} \frac{A_c}{h_c} \qquad (۱۰-۲)$$

در این رابطه، f پارامتر ضریب زبری مانینگ و A مساحت مقطع موج شکن می‌باشد. انتقال جرم نیز با استفاده از رابطه‌ی (Svendsen (1984 توضیح داده می‌شود.
نقطه ضعف مدل (Calabrese et al. (2008 برای بکارگیری آن در عمل، دو بعدی بودن آن است. با این وجود می‌توان گفت که این مطالعه جدیدترین روش برای برآورد میزان خیزآب بر روی یک موج شکن مستغرق است.

۲-۲. عبور موج

در مطالعات قبلی در زمینه‌ی توصیف عبور موج از یک موج شکن مستغرق برای میزان سنجی این پدیده، چندین ویژگی طراحی موج شکن از جمله استفاده از قطر سنگ و نفوذپذیری مورد بررسی قرار گرفت(Ahners 1978) ; (Van der Meer and d'Angremond 1991).
برای دستیابی به رابطه‌ای برای عبور موج که در حد امکان بر پایه‌ی ویژگی‌های ژئومتری موج شکن مستغرق باشد، مطالعه‌ای توسط (D'Angremond et al. (1996 در ادامه‌ی مطالعه‌ی (Van der Meer (1990 انجام گردید که در آن داده های بدست آمده‌ی قبلی دوباره مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. در رابطه‌ی حاصل از مطالعه ی مذکور، تاثیر نفوذپذیری موج شکن و قطر سنگ در عبور موج نادیده گرفته شد. طی پروژه ی « DELOSL » روابط بدست آمده از مطالعات قبلی، توسط (Van der Meer et al. (2005 با داده‌های جدید بدست آمده از پروژه ی مذکور مورد مقایسه قرار گرفت. مطالعه‌ی قبلی انجام شده توسط (D'Angremond et al. (1996 قابلیت محاسباتی خوبی از خود نشان داد اما برای محدوده‌ی $\frac{B}{H_i} > 10$ مقادیر بدست آمده برای ضریب عبور موج ($K_t = \frac{H_t}{H_i}$) بسیار دست بالا بود. بازسازی رابطه‌ی مذکور برای محدوده‌ی $\frac{B}{H_i} > 10$ منجر به یک رابطه‌ی جدید برای سازه‌های با تاج نسبتاً عریض گردید. روابط بدست آمده برای ضریب عبور موج به صورت زیر می باشد:

رابطه‌ی D’Angremond et al. (1996) :

$$K_t = -0.4\frac{R_c}{H_i} + 0.64\left(\frac{B}{H_i}\right)^{-0.31}\left(1 - e^{-0.5\xi}\right) : \frac{B}{H_i} < 10 \qquad (۱۲-۲)$$

رابطه‌ی(Van der Meer et al. (2005 :

$$K_t = -0.35\frac{R_c}{H_i} + 0.51\left(\frac{B}{H_i}\right)^{-0.65}\left(1 - e^{-0.41\xi}\right) : \frac{B}{H_i} > 10 \qquad (۱۳-۲)$$

استفاده از هر دو رابطه در مقدار $\frac{B}{H_i} = 10$، منجر به دو مقدار متفاوت برای ضریب عبور موج می‌گردد. به همین دلیل (Van der Meer et al. (2005 پیشنهاد کردند برای محدوده‌ی $8 < \frac{B}{H_i} < 12$ دو رابطه فوق میانیابی گردد.

هر دو رابطه‌ی بالا با استفاده از داده های مربوط به موج شکن های توده سنگی زبر و نفوذپذیر با تاج کم عمق، ارائه گردیده است. در طی مطالعه‌ی (Van der Meer et al. (2005 موج شکن‌های نفوذ ناپذیر با بدنه‌ی صیقلی نیز مورد بررسی قرار گرفت. مشاهدات ایشان نشان داد که این نوع سازه‌ها تاثیر کمتری بر کاهش ارتفاع موج عبوری دارند. نیز عبور موج به عرض تاج موج شکن بستگی ندارد. رابطه‌ی نهایی زیر توسط ایشان برای سازه‌های مذکور ارائه گردید:

$$K_t = -0.3\frac{R_c}{H_i} + 0.75\left(1 - e^{-0.5\xi}\right) : \xi_{OP} < 3 \qquad (۱۴-۲)$$

در طی مطالعه‌ی (Van der Meer et al. (2005 تاثیر زاویه‌ی برخورد امواج به موج شکن نیز مورد بررسی قرار گرفت. جدول ۲-۱ به صورت خلاصه تاثیر این امر را نشان می دهد.

جدول ۲-۱. تاثیر زاویه‌ی برخورد موج به موج شکن بر روی زاویه و ارتفاع موج عبور کرده (Van der Meer et al. 2005)

جنس بدنه‌ی موج‌شکن	زاویه‌ی برخورد امواج	تاثیر بر روی ضریب عبور
توده سنگی	$\beta_t = 8\,\beta_i$	بدون تاثیر
صیقلی نفوذناپذیر	$\beta_t = \beta_i : \beta_i \le 45^\circ$ $\beta_t = 45^\circ : \beta_i > 45^\circ$	$K_t = \left(-0.3\frac{R_c}{H_i} + 0.75\left(1 - e^{-0.5\xi}\right)\right)cos^{2/3}\beta$